Faculté de Médecine de l'Université de Nancy
1923-1924 — 2e Série — N° 249

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DU Captage des Sources thermo-minérales

THÈSE

présentée et soutenue publiquement le lundi 7 avril 1924,

POUR OBTENIR LE GRADE DE

Docteur en Médecine,

PAR

SANTELLI (Philippe-Antoine-Augustin)
né à Canari (Corse), le 23 avril 1892

EXAMINATEURS DE LA THÈSE :

MM. ETIENNE, professeur . . . . . *Président.*
ROBERT, professeur. . . . . *Juges.*
PERRIN, agrégé . . . . . *Juges.*
CORNIL, agrégé . . . . . *Juges.*

Le candidat répondra aux questions qui lui seront faites sur les diverses parties de l'enseignement médical.

NANCY
SOCIÉTÉ D'IMPRESSIONS TYPOGRAPHIQUES
1924

Faculté de Médecine de l'Université de Nancy
1923-1924 2e Série N° 249

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DU
Captage des Sources thermo-minérales

THÈSE

présentée et soutenue publiquement le lundi 7 avril 1924,

POUR OBTENIR LE GRADE DE

Docteur en Médecine,

PAR

SANTELLI (Philippe-Antoine-Augustin)
né à Canari (Corse), le 23 avril 1892

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

EXAMINATEURS DE LA THÈSE :

MM. ETIENNE, professeur . . . . . *Président.*
ROBERT, professeur. . . . . *Juges.*
PERRIN, agrégé . . . . . *Juges.*
CORNIL, agrégé . . . . . *Juges.*

Le candidat répondra aux questions qui lui seront faites sur les diverses parties de l'enseignement médical.

NANCY
SOCIÉTÉ D'IMPRESSIONS TYPOGRAPHIQUES
1924

Université de Nancy - Faculté de Médecine

Doyen: M. L. SPILLMANN, ✻, I ⚜.
Assesseur: M. P. SIMON, ✻, I ⚜.
Doyen honoraire: M. F. GROSS, O ✻, I ⚜.

Professeurs honoraires: MM. NICOLAS, ✻, I ⚜; PRENANT, ✻, I ⚜; F. GROSS, O ✻, I ⚜; HERRGOTT, O ✻, I ⚜; WEISS, O ✻, I ⚜.

Professeurs : MM.

Chimie médicale et toxicologie	L. GARNIER, I ⚜.
Hygiène	E. MACÉ, ✻, I ⚜.
Clinique médicale	P. SIMON, ✻, I ⚜.
Histoire naturelle médicale	P. VUILLEMIN, ✻, I ⚜.
Médecine légale	P. PARISOT, O ✻, I ⚜.
Clinique des maladies des enfants	P. HAUSHALTER, ✻, I ⚜.
Anatomie pathologique	L. HOCHE, ✻, I ⚜.
Clinique médicale	G. ETIENNE, ✻, I ⚜.
Clinique chirurgicale	A. VAUTRIN, ✻, I ⚜.
Clinique des maladies syphilitiques et cutanées.	L. SPILLMANN, ✻, I ⚜.
Clinique de chirurgie infantile et d'orthopédie.	R. FRŒLICH, ✻, I ⚜.
Physiologie	M. LAMBERT, ✻, I ⚜.
Clinique obstétricale et Accouchements	A. FRUHINSHOLZ, ✻, I ⚜.
Histologie	R. COLLIN, ✻, I ⚜.
Anatomie descriptive	M. LUCIEN, ✻, I ⚜.
Clinique d'oto-rhino-laryngologie	P. JACQUES, ✻, I ⚜.
Clinique des voies urinaires	P. ANDRÉ, ✻, I ⚜.
Clinique chirurgicale	G. MICHEL, ✻, I ⚜
Pathologie interne et clinique médicale propédeutique	L. RICHON, ✻, I ⚜.
Physique	DUFOUR, ✻, I ⚜.
Chimie médicale	H. ROBERT, I ⚜.

Chargés de cours complémentaires : MM.

Accouchements (cours théorique)	S. REMY, I ⚜, agrégé libre.
Clinique des maladies tuberculeuses (1)	M. PERRIN, ✻, I ⚜, agrégé.
Thérapeutique	M. PERRIN, ✻, I ⚜, agrégé.
Clinique des maladies tuberculeuses (1)	J. PARISOT, O ✻, I ⚜, agrégé.
Pathologie expérimentale et pathologie générale	J. PARISOT, O ✻, I ⚜, agrégé.
Pathologie externe	A. BINET, I ⚜, agrégé libre.
Clinique chirurgicale élémentaire (1)	A. BINET, I ⚜, agrégé libre.
Clinique des maladies contagieuses	L. CAUSSADE, A ⚜, agrégé.
Clinique ophtalmologique	P. JEANDELIZE, A ⚜, agrégé.
Clinique des maladies mentales	R. LALANNE, I ⚜.
Cours d'hydrologie	M. PERRIN, ✻, I ⚜, agrégé.
Médecine opératoire	M. BARTHÉLEMY, ✻, I ⚜, agrégé
Electrothérapie et radiologie	LAMY, I ⚜, agrégé.

Agrégés en exercice

MM. M. PERRIN, ✻, I ⚜.	MM. P. JEANDELIZE, A ⚜.	MM. MUTEL, ✻, A ⚜.
G. THIRY, ✻, I ⚜.	L. CAUSSADE, A ⚜.	WATRIN, ✻, I ⚜.
J. PARISOT, O ✻, I ⚜.	M. BARTHÉLEMY, ✻, I ⚜.	HAMANT, I ⚜.
P. MATHIEU, A ⚜.		CORNIL, I ⚜.
L. JOB, ✻, I ⚜.	LAMY, I ⚜.	DE LAVERGNE, ✻, I ⚜.

Agrégés libres

MM. FÉVRIER, G O ✻, ⚜; G. GROSS, ✻, I ⚜; S. REMY, I ⚜; BUSQUET, I ⚜; BINET, I ⚜; FAIRISE, A ⚜.

M. H. COIFFARD, I ⚜, Secrétaire
M. F. LAMBERT DES CILLEULS, ✻, ✠, I ⚜, Secrétaire honoraire.

---

(1) Fondation de l'Université.

La Faculté a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend ni les approuver ni les improuver.

A la Mémoire de mes Grands-Parents

A mon Père,
Le Docteur Raphaël SANTELLI
Médecin consultant à Vichy

A ma Mère
en témoignage de ma grande affection

A mes Sœurs

A mes Frères,
Alfred et Raoul SANTELLI
Chirurgiens-Dentistes D. F. M. P.

A mon Cousin, Philippe SANTELLI

A mon Beau-Frère, le Docteur Pierre CARLE

A tous ceux qui me sont chers et à mes Amis

A mon Maître et Président de Thèse :

M. le Professeur G. ETIENNE

Professeur de Clinique Médicale
Membre correspondant de l'Académie de Médecine
Chevalier de la Légion d'Honneur

A mes Juges :

M. le Professeur ROBERT

M. le Professeur agrégé M. PERRIN

Chargé de cours de Thérapeutique et d'Hydrologie
Médecin de l'Hôpital Villemin
Chevalier de la Légion d'Honneur

M. le Professeur agrégé L. CORNIL

INTRODUCTION

> « Partout on admire la nature; mais c'est ici une nature bienfaisante qu'il faut adorer; car c'est dans l'enceinte de ces fontaines sacrées que la bonté de Dieu rivalise avec sa puissance. » (Précis historique sur les Eaux minérales les plus usitées en Médecine.)
>
> ALIBERT.

Nous croyons utile, au moment où de toutes parts un essor nouveau semble être donné à notre richesse thermale, si longtemps méconnue ou ignorée, d'aborder une étude qui, à première vue, peut paraître bien indépendante de la Médecine. En nous éloignant du cadre de la Clinique qui, jusqu'à présent, a surtout passionné nos médecins hydrologues, notre but est de combattre certains préjugés bien anciens, mais ayant encore de trop nombreux partisans et qui ne tendent rien moins qu'à réduire à néant la valeur de nos sources thermales.

Les procédés de captage que nous allons décrire et qui ont été entrepris d'une façon rationnelle démontreront, par les heureux résultats obtenus, combien étaient mal fondées les superstitions qui régnaient à l'égard des eaux minérales : leur origine était trop profonde pour qu'on puisse la connaître, leurs propriétés mystérieuses, etc... Aussi fallait-il se garder d'entreprendre sur les griffons des travaux qui auraient mécontenté les divinités tutélaires des sources et provoqué ainsi la perte des eaux.

La difficulté de réaliser certains captages n'a fait que raffermir le plus souvent ces idées. De Launay cite le cas d'un ingénieur qui faillit être noyé dans un puits pour avoir, momentanément et par un coup de sonde malheureux, laissé échapper un filet thermal.

La valeur thérapeutique d'une eau minérale étant fonction de l'intégrité de tous ses éléments, il en résulte la nécessité de procéder à un captage soigné de chaque source pour lui éviter toute altération.

Par un aperçu sur les rapports de la géologie avec le point d'émergence des sources, par l'exposé des théories sur l'origine des eaux profondes, et enfin par une étude des divers systèmes de captage et d'aménagement, qui ont permis de cueillir l'eau thermale à différents niveaux pour augmenter son débit et lui conserver ses qualités natives, nous démontrerons que les sources thermo-minérales sont bien une richesse nationale, *une lymphe minérale,* suivant l'expression du professeur Landouzy, enfermée dans le sein de la terre et mise en valeur par les captages.

Nous terminerons notre travail en consacrant un chapitre à la Législation des eaux minérales, question connexe semble-t-il, et qui, bien que déjà ancienne, n'en prend pas moins une importance tous les jours plus grande.

Enfin, nous devons un chapitre à la complaisance de M. le Docteur Charmont, de Plombières, dont la compétence hydrologique est notoire. Il a bien voulu nous accorder une interview et nous permettre d'exposer ses idées sur trois stations thermales.

C'est volontairement que nous avons limité notre travail aux stations thermales françaises, notre intention étant de montrer l'importance de leurs captages, qui assurent à nos

eaux minérales leur valeur thérapeutique et à la France la première place en matière d'hydrologie.

Avant d'entreprendre ce travail, qu'il nous soit permis de remercier M. le Professeur Etienne de l'honneur qu'il nous fait en acceptant la présidence de notre Thèse. Nous nous souviendrons toujours de ses savantes leçons cliniques au lit des malades, où nous avons appris les principes d'ordre et de méthode qui seront toujours pour nous un guide.

M. le Professeur agrégé Perrin nous a inspiré ce travail et veut bien le juger aujourd'hui. Nous ressentons très vivement l'honneur qu'il nous fait. Nous avons tiré grand profit de ses conseils éclairés et de son enseignement si intéressant. Nous le prions de croire à notre profonde gratitude pour l'intérêt qu'il nous a toujours témoigné.

Nous remercions M. le Professeur Robert pour ses leçons si claires et si pratiques de chimie médicale. Il s'est toujours mis à notre disposition avec une complaisance et une amabilité dont nous lui sommes infiniment reconnaissant.

M. le Professeur agrégé Cornil a bien voulu faire partie de notre Jury ; nous lui exprimons ici nos sentiments de vive gratitude pour l'amitié qu'il nous porte ainsi qu'à notre famille.

Que nos Maîtres, dans les Hôpitaux et à la Faculté, veuillent bien agréer l'expression de notre profonde reconnaissance.

CHAPITRE PREMIER

DÉFINITION ET PRINCIPE DES CAPTAGES

Capter une source thermo-minérale, consiste à l'isoler des infiltrations d'eaux superficielles et à assurer son maximum de débit, de température et de minéralisation.

Cette définition nous explique le principe des captages, qui a pour but de dégager et d'isoler la source, pour garder à l'eau minérale ses qualités natives.

Ce principe variera dans ses applications avec la nature des terrains qui déterminent l'émergence et avec le mode d'arrivée de l'eau à la surface. Une étude géologique de la région s'impose donc avant tout. On s'assurera si la source émerge par un ou plusieurs griffons disséminés; dans ce dernier cas, il y a perte d'eau et de température. On obligera la source, par des procédés qui seront décrits plus loin, à sourdre par les seuls points choisis d'avance: on établira ainsi son niveau de captage. Ce niveau sera déterminé avec le plus grand soin, d'une part pour ne pas capter trop haut et créer de la sorte sur la source une surchage qui nuirait au débit, et d'autre part, pour ne pas capter trop bas, ce qui aurait l'inconvénient de modifier la minéralisation en attirant les eaux froides. Nous verrons que, dans certains cas, cependant,

on recherche le contact des eaux de surface dans le but de varier les effets thérapeutiques des eaux minérales (cas différent de celui qui sera envisagé plus loin quand nous parlerons des pressions hydrostatiques réciproques). Mais il convient auparavant de s'assurer de la pureté des eaux superficielles pour éviter une contamination.

Lorsque la fissure hydrothermale est superficielle, on dégagera l'émergence et on n'aura qu'à établir une cuvette étanche pour recueillir l'eau minérale.

Dans le cas où le griffon est profond, on atteindra la roche en place par un système de puits ou de galeries, et on isolera le point d'émergence par une enceinte en ciment. (De Launay compare ce travail à l'exploitation d'une mine, avec, en plus, les difficultés de travailler dans un air surchauffé, et souvent en présence de gaz délétères.)

Le principe des captages est simple à appliquer dans les deux cas que nous venons de signaler, mais la difficulté augmente quand il n'est pas possible d'atteindre le griffon et de l'isoler convenablement, quand on se trouve en terrains d'alluvions. Le procédé à employer dans ce cas consiste à *faire venir à soi ce minerai de nature spéciale*, en établissant sur l'endroit choisi une zone de moindre pression, une simple excavation par exemple. D'autres fois, en même temps qu'on établira cet appel d'eaux, on placera autour du griffon une lourde masse de béton, comme l'ont fait les Romains.

En 1838, l'ingénieur des mines François à réalisé une application savante de ce principe, en choisissant comme moyen de pression une charge d'eau voisine. C'est le principe des *pressions hydrostatiques réciproques*, que l'on peut énumérer ainsi : *quand les pressions réciproques de deux nappes d'eau, chaude et froide, sont bien calculées, elles ne se mélan-*

gent pas. L'ingéniosité de ce procédé permet de capter une eau chaude et minérale, au milieu d'une masse d'eau froide et douce, sans qu'il y ait changement de minéralisation, ni échange de température. La preuve peut être fournie en teintant l'eau douce par la fluorescéine : on ne décélera dans l'eau thermale aucune trace de ce colorant. Ce système, qui sera employé dans certains cas à défaut de tout autre, exigera, pour être efficace, une application très rigoureuse, si l'on ne veut pas aboutir à un résultat fâcheux par le passage d'eau à travers le griffon. Pour ce faire, on veillera avec le plus grand soin, en se basant sur les variations de leur température, à faire varier la pression de manière à obtenir le maximum de thermalité de l'eau minérale. Bien réglée, cette méthode permet de recueillir la plus grande quantité d'eau et avec sa plus forte température, ce qui est très appréciable, surtout pour des stations thermales où le débit des sources est minime.

Parfois, malgré l'isolement établi pour assurer la marche terminale des eaux et la recherche de tous les filets égarés, le régime de la source étant encore insuffisant, on sera obligé d'adapter une pompe foulante au-dessus du griffon. Mais ce système exige une grande prudence, pour ne pas attirer en même temps les eaux superficielles et nuire à la minéralisation.

Enfin, les sondages que l'on pratique couramment aujourd'hui sont une application du principe déjà énoncé de l'établissement d'un point de moindre pression. Ils constituent un appel d'eau par un orifice pratiqué à travers les différentes couches du sol jusqu'à la nappe thermale qui, tenue sous pression par ses gaz, jaillit alors spontanément. C'est le principe des puits artésiens, généralement assimilé au mécanisme des vases communicants. Ce procédé, qui utilise la mobilité

spéciale de l'eau, en allant la chercher par une canalisation verticale dans son gîte souterrain et en l'attirant au dehors, permet de l'obtenir avec une pureté, une température et un débit plus considérables, en supprimant les frottements et en lui évitant un circuit plus long dans les sinuosités de la fracture.

En même temps que l'eau, le captage doit recueillir les gaz qu'elle contient. Ces derniers constituent un élément trop précieux pour le laisser perdre, puisque l'action bienfaisante des eaux minérales leur est souvent due.

Tout captage doit éviter le dépôt, dans les canaux d'amenée surtout, des carbonates de chaux; car ceux-ci durcissent et, à la longue, peuvent modifier les propriétés des eaux, et de plus, en obstruant l'orifice de sortie, ils diminuent le débit et même font perdre la source, d'où nécessité de curer l'émergence de temps en temps.

Pour conserver à l'eau thermale toutes ses qualités natives, il est donc nécessaire d'adapter à chaque cas particulier un principe différent, en tenant compte des circonstances et des lieux où l'on doit entreprendre les travaux.

Il s'ensuit que la recherche, le captage et l'aménagement d'une source thermo-minérale, constituent des opérations délicates, car par une manœuvre intempestive on risque de modifier la constitution de l'eau, de provoquer des déplacements de griffons, voire même de perdre la source.

CHAPITRE II

HISTORIQUE

§ I. Notions générales.

Dans les temps les plus reculés, les sources thermo-minérales étaient connues et appréciées.

Hérodote fait mention d'une fontaine qui rendait aux vieillards leur vigueur primitive. Pausanias, Pline, Properce parlent des eaux minérales. Deux mille ans avant l'arrivée des Romains en Afrique, les Carthaginois et les Africains utilisaient les eaux minérales qu'ils avaient recueillies dans des constructions colossales pour le service des bains. Près de Zaghouan (Tunisie), dans une gorge accidentée, émerge entre des rochers à pic, une source chaude. Les Africains ont élevé là un barrage en maçonnerie pour conduire l'eau dans un vaste bassin, construit avec d'énormes blocs de marbre. A Aquae Tacapitaneae (aujourd'hui El-Hamma), plusieurs sources fraîches et quatre sources chaudes (34 à 45°) se déversaient dans de superbes réservoirs en pierre de taille, en partie détruits par le temps. Dans le désert, à deux lieues de Tozeur (Tunisie), une belle source sulfureuse coulait dans de magnifiques bassins, de la plus haute antiquité, dont l'un est encore intact.

L'art de capter les sources est un art très ancien. C'est, en

effet, un besoin naturel qui, de tout temps, a poussé l'homme à rechercher l'eau. Les Gaulois, cependant, ignorant l'utilité des sources chaudes, les ont négligées, et à part quelques puits dont nous trouvons encore des restes, on peut dire qu'ils s'en sont désintéressés.

Les Romains, par contre, vers l'époque de la décadence de la République et sous les Césars, ont approprié à leurs usages. dans les Gaules notamment, les eaux minérales avec un art qui nous étonne et avec un confort inconnu dans ces contrées avant leur arrivée. Partout où ils trouvaient une source minérale, ils l'ont captée en appliquant un système différent suivant le cas particulier, et ils y ont élevé des thermes pour leurs ablutions quotidiennes.

Manquant de moyens d'épuisement, ils n'ont capté que les sources à émergence naturelle et celles dont ils pouvaient faciliter l'évacuation dans les terrains meubles. Mais ils possédaient les principes que nous appliquons encore aujourd'hui : établir l'écoulement le plus bas possible pour augmenter le débit utilisable. Ils ont pour cela construit des galeries souterraines, munies de conduites en plomb ou en ciment. Les Romains, sans conteste, ont capté les sources en véritables artistes, leurs travaux sont des modèles du genre.

A cette période de l'occupation romaine, succédèrent plusieurs siècles de brabarie. La plupart des travaux de captage furent démolis, quantité de sources furent perdues, ensevelies sous les décombres ; peu d'entre elles furent épargnées par les hordes de Germanie.

Au moyen-âge, de nouveaux travaux furent entrepris pour les retrouver et recueillir celles qui apparaissaient spontanément un peu partout. Les moines furent souvent les premiers à diriger le mouvement. A Luxeuil, le moine Colomban diri-

gea une abbaye qui prit les sources sous sa protection, les fit déblayer et distribua l'eau aux malades. A Vichy, l'abbaye des Célestins exploita une source thermale.

En 1592, à Niederbronn, le comte Philippe de Hanau, seigneur du lieu, fit curer les bassins plus ou moins ensevelis sous les ruines. On épuisa l'eau et la vase, et on trouva dans le fond des bassins plus de trois cents pièces de monnaies romaines, jadis offertes à la divinité tutélaire des sources.

Mais c'est surtout à partir de 1838 que les travaux de captage et d'aménagement des sources prennent un réel développement. Jusqu'alors, en effet, les besoins n'avaient pas encore atteint les limites du débit dont on disposait. Quatre causes surtout ont contribué à étendre les travaux de ce genre. Ce sont: 1° la facilité des communications; 2° la plus grande préoccupation du corps médical pour le traitement hydro-minéral; 3° les recherches remarquables de la chimie sur la composition et la conservation des eaux; 4° les connaissances plus étendues sur la constitution géologique du sol et sur l'hydrologie souterraine. La géologie a pris, dans l'études des eaux minérales, une telle importance, que nous traiterons cette question dans un chapitre spécial.

Sous le second Empire, Napoléon III et l'Impératrice Joséphine font des séjours fréquents dans plusieurs stations thermales: Plombières, Vichy... y font exécuter des travaux de captage et d'aménagement des sources et des travaux d'embellissement qui donnent à ces villes un essor nouveau.

A la même époque, l'ingénieur des mines François, chargé du captage des sources de l'Etat, fut frappé de voir que les sources thermales, séparées de l'Ariège par une étroite couche l'alluvions envahies par les infiltrations froides pendant les crues d'hiver, conservaient néanmoins leur température sans

se mélanger aux eaux de la rivière. Il eut alors l'idée d'appliquer scientifiquement ce principe des pressions hydrostatiques réciproques.

Enfin, dans certains cas, lorsque par l'étude géologique du sol, on soupçonne la présence de l'eau à une certaines profondeur, on applique la méthode des sondages. Ce procédé, qui n'a eu sa première application en France qu'en 1840, dans les sondages de Cusset, d'Hauterive (près Vichy), était employé depuis longtemps par les Arabes dans le désert, notamment dans le sud de la province de Constantine. Le sondage était exécuté par un sondeur indigène, désigné sous le nom de *R'tas*. Son travail consistait à creuser un puits de 0 m. 70 de côté et de profondeur variable suivant la région et le terrain. Le sondeur atteignait, à l'aide de la pioche, la nappe artésienne et souvent, l'eau retenue prisonnière, jaillissait alors avec une telle force que le malheureux R'tas, lancé violemment par la masse liquide contre les parois du puits, était rejeté inanimé à la surface du sol.

Les premiers sondages scientifiques exécutés en Algérie, en 1856, faillirent coûter la vie aux ingénieurs français chargés de ce travail. C'était une défaite pour l'amour-propre des Arabes, de voir l'ennemi envahisseur remplacer le R'tas ; et il fallut les avantages évidents du nouveau procédé pour les convaincre.

C'est le procédé au trépan, dont nous parlerons plus loin, appliqué d'abord pour les puits artésiens, qui fut adopté pour les forages des sources minérales, avec des moyens de plus en plus perfectionnés et adaptés à la nature de l'eau à capter.

§ II. Interview de M. le Docteur Pierre Charmont,

Médecin consultant à Plombières-les-Bains, Membre des Sociétés d'Hydrologie de Nancy et de Bordeaux.

Nous nous sommes rendu auprès de M. le Docteur Charmont, dont la compétence en matière d'hydrologie thermale nuos a été si utile. Très volontiers, il a bien voulu répondre aux diverses questions que nous lui avons posées et nous transcrivons ici, le plus fidèlement possible, ses paroles.

Notre première question fut: *Que pensez-vous de l'hydrologie romaine?*

Réponse: « Dans l'antiquité, les eaux minérales étaient considérées comme un don des Dieux et les sources thermales, dans la mythologie, étaient des lieux de pèlerinage dont chacun cherchait à profiter.

> Aquae urbes condunt,
> Vapore quoque ipsa aliquae prosunt.
>
> PLINE. Hist. nat., XXXI - 2.

La présnece des eaux incita les Romains à construire non seulement leurs Thermes merveilleux, mais aussi des villes, où ils surent mettre à profit les eaux minérales et les vapeurs qu'elles exhalent. Les médecins romains, très souvent avec juste raison, envoyaient de préférence leurs malades faire une cure thermale au printemps ou en automne et voulaient même qu'on s'en abstint pendant la canicule.

A Rome, il existait un centre d'hydrologie comprenant une catégorie de médecins et d'architectes hydrologues, qui déléguait successivement, au cours de l'extension de leurs conquêtes, dans les stations découvertes, des hommes compétents

qui rapportaient à ce centre d'études thermales, toutes les données hydrologiques, thérapeutiques et géologiques. Et cela leur permettait de concevoir l'ensemble d'une station thermale, pour en faire d'emblée un tout parfaitement adapté au rôle qu'ils avaient décidé de lui donner.

Cette conception romaine d'une station thermale devrait bien encore, de nos jours, être renouvelée. Les lacunes, l'ignorance voulue ou véritable de certains services plus ou moins dispersés dans diverses administrations, qui prennent plaisir à saper de fond en comble les merveilleux travaux romains, sans en connaître les principes, au lieu de les prendre en exemple, la législation désuète qui régit arbitrairement nos stations thermales, tout cela, n'est pas fait pour transformer, selon le mot d'Alibert *les sources de la santé en source de richesse.*

Depuis un siècle surtout, de nombreux médecins ont essayé de réagir, mais les pouvoirs publics restent indifférents à la lente agonie de nos stations thermales, de leurs superbes captages romains et à la fortune publique que l'on pourrait en retirer.

Certes, pour vous en donner un exemple: avant la guerre, l'Allemagne retirait d'un très petit nombre de stations thermales, 1 milliard 700 millions de marks-or chaque année, et la France, avec 1.700 sources thermo-minérales, arrivait péniblement à 500 millions de francs. »

*
* *

A notre deuxième question: *Les Romains avaient-ils conscience des indications thérapeutiques des sources thermales?*

Le docteur Charmont répondit: « Quand les Romains en-

vahirent la Gaule, ils trouvèrent le pays extrêmement favorisé au point de vue des eaux minérales.

Il ne faut pas croire cependant que les peuplades qui existaient en Gaule faisaient fi des eaux thermales, elles en recherchaient les bienfaits salutaires, puisque d'après les historiens, les Saliens, 18 siècles avant J.-C., avaient fait usage des eaux, malheureusement bien amoindries maintenant, d'Aix-en-Provence et, d'après Plutarque, Marius défit les Cimbres dans cette ville, au moment où ces soldats prenaient les bains.

Donc, les Romains trouvèrent successivement dans leur conquête, la Gaule bien pourvue en eaux minérales, et la médecine romaine vint augmenter encore ces avantages, par la façon tout à fait scientifique avec laquelle ils surent capter et même créer de toutes pièces les stations thermales.

On évalue à 115 le nombre des stations établies définitivement par la civilisation gallo-romaine. Je puis dire tout d'abord qu'ils ont partout merveilleusement adapté, aux principes physico-chimiques et thérapeutiques, chacune des sources qu'ils avaient su parfaitement différencier pour leur application médicale. Mais, avant toutes choses, la question des captages, qui doit tout primer dans les questions d'hydrologie thermale, fut savamment étudiée par les Romains, et leurs travaux furent exécutés avec les procédés seulement connus à cette époque, mais d'un façon encore insurpassée. Les travaux romains, en Gaule, s'étendent, pour nos stations thermales, de l'an 123 avant J.-C. à l'an 450 après J.-C.

Durant cette période de plus de cinq siècles, il ne faut pas croire que des modifications n'existèrent pas dans la façon de procéder, dans les bétons et les matériaux employés. De même ils surent donner, pour l'utilisation de l'eau miné-

rale, une diversité d'emploi correspondant aux besoins des malades.

Par une étude de ces questions d'hydrologie romaine, on arrive à pouvoir indiquer approximativement l'âge des constructions d'après la composition du béton et la nature de leurs travaux. Conduits le plus souvent par les Druides de la Gaule auprès des sources qui servaient à fournir, par les bienfaits qu'on en retirait déjà, un pouvoir encore plus grand à ces prêtres païens, les Romains purent donc très facilement faire les travaux nécessaires pour le captage des sources thermo-minérales et éviter, autant que possible, leur pollution par les eaux environnantes.

Les Romains arrivant dans la terre gauloise, bénéficièrent la plupart du temps d'un sol vierge et non bouleversé autour des sources. Ce fut un avantage immense, que n'eurent pas, dans la suite, ceux qui furent chargés de retrouver les griffons thermaux, enfouis sous les décombres et les ruines des siècles de vandalisme et d'invasions. »

*
* *

Je posai alors au docteur Charmont cette question : *Pouvez-vous m'indiquer, par deux ou trois exemples, les procédés employés par les Romains pour lutter contre les difficultés de captage et les systèmes employés par eux?*

M. le docteur Charmont me fit alors l'exposé que voici : « Cette question, des plus importantes et des plus intéressantes, nécessiterait de longues dissertations, illustrées d'une série de plans, de coupes et de dessins, qui constitueraient la valeur de plusieurs volumes. Mais, pour tâcher de faire saisir en quelques mots comment les Romains ont su tirer parti

des difficultés qui se présentaient à eux, je vais essayer, en me servant de quelques exemples pris dans trois stations, différentes comme situation géologique, et très dissemblables comme jaillissements thermaux, de vous indiquer comment les Romains ont pu venir à bout des difficultés terrestres et hydrologiques.

Je vais donc vous parler de trois stations que j'ai étudiées, je puis le dire, presque à fond : Aix-en-Provence, Evaux-les-Bains (Creuse) et Plombières (Vosges). Cette dernière étant, sans contredit, celle où les Romains sont arrivés au summum de leurs travaux de conservation des sources thermales.

Aix-en-Provence. — Il faut remonter à l'an 123 avant J.-C. Cette ville d'eaux, la plus ancienne de la Gaule, fut créée par Sextius, d'où son nom *aquæ sextiæ*. Le proconsul Sextius, appelé par les Phocéens de Marseille, défit à Aix les Saliens et construisit les premiers Thermes.

Les Romains s'étaient aperçus, en déblayant les failles thermales (mais laissez-moi vous dire qu'ils ne les ont pas toutes connues), que l'eau s'échappait dans des pointes de grès en transperçant les couches marneuses. Tout à l'entour de ces fissures de grès, de ces pointes rocheuses, qui s'étendent sous la marne superficielle, les Romains avaient répandu des bancs successifs de béton d'une profondeur de quatre à cinq mètres et de deux à trois mètres de largeur. Ce procédé avait pour but, sans aucun doute, d'éviter les déperditions dans les marnes diluées par l'arrivée des eaux thermales et de faire refluer celles-ci vers les différents points de captage qu'ils avaient choisis.

Dans une partie des captages, j'ai pu heureusement étudier

et admirer, avant sa destruction totale, en 1922, les travaux gigantesques que les Romains avaient édifiés en pleine marne, pour empêcher tout glissement de terrain. Ils avaient déposé une série de dalles, d'un poids énorme, encastrées les unes dans les autres et qui, placées en plan incliné, par leur pesanteur de plusieurs tonnes et arc-boutées contre un massif de béton perpendiculaire, formaient une résistance complète à toute action des terrains mouvants ou infiltrés d'eau thermale. C'est ce merveilleux barrage, avec un autre en béton romain très épais, séparant l'arrivée de deux failles thermales, qui fut jeté aux remblais.

En effet, en 1921-1922, d'importants travaux furent exécutés à Aix, mais malheureusement les vestiges des captages romains furent anéantis, pour l'édification d'un vulgaire établissement de bains.

Il existe encore à Sextius deux autres captages romains que j'ai identifiés et que j'ai laissé ignorer, pour éviter leur destruction, mais dont j'ai pu récupérer l'eau thermale par des procédés de forages sur fissure, seul procédé scientifique à adopter à l'heure actuelle.

A Aix-en-Provence, les eaux qui actuellement n'ont, depuis plusieurs siècles que 34°, étaient, du temps des Romains, beaucoup plus chaudes. J'ai lu dans Strabon que, vers l'an 21 après J.-C., les eaux de cette ville avaient subitement changé de température. Les Romains y traitèrent des maladies vénériennes et, de nos jours encore, l'action des eaux d'Aix dans les affections gonococciennes est très importante. Solin écrivait: *La vive chaleur des eaux de ce lieu s'est affaiblie et n'est plus digne de son ancienne renommée.* Les Romains ne purent connaître les causes de ce refroidissement, qu'ils croyaient superficiel, car autour de l'une des failles, ils avaient

essayé de détourner un courant d'eau froide, qui venait s'écouler au-dessus des eaux thermales. J'ai pu retrouver un magnifique égout romain, ensablé maintenant, où un homme pouvait se tenir debout; sa largeur était de 80 centimètres. Il servait certainement à reprendre les écoulements d'eau froide plaçés au-dessus des failles thermales. Ils ne purent, avec les moyens dont ils disposaient à cette époque, empêcher les déperditions de calorique, car les failles et les fissures thermales d'Aix s'étendent sous une grande partie de la ville.

Une autre destruction des Thermes romains fut encore exécutée au début du XVIII^e^ siècle.

Les magnifiques bâtiments des Etats de Provence, qui servaient, paraît-il, de Palais et de Thermes aux Proconsuls romains, furent rasés, pour la construction, en pleine ville, d'un ignoble bâtiment carré, qui sert de prison! Ces derniers Thermes étaient à l'extrémité de l'une des branches de la principale faille thermale, qui part d'un jardin, près de la gare, pour se terminer à Sextius, et dont deux branches coupent la ville perpendiculairement.

Il serait peut-être possible de récupérer, à une grande profondeur, par forage, l'eau thermale aussi belle et aussi chaude qu'avant le cataclysme du premier siècle de notre ère. Cette faille est encore intacte sur certains points et nos conclusions, avec celles de toutes les personnalités compétentes, sont formelles à cet égard.

Quand l'accident souterrain fit changer les eaux hyperthermales en eaux à peine thermales à 34°, les Romains créèrent des petites piscines à eau courante, dont deux ou trois sont encore visibles. Une autre, dallée en marbre blanc, n'échappa point aux destructions systématiques de ces dernières années.

Fait très intéressant: quand je repris, par forage, une petite portion des failles génératrices en 1922, l'eau thermale remonta dans le tubage au-dessus du niveau des autres jaillissements et s'écoula précisément dans ces petites piscines romaines qui, depuis des siècles, étaient à un niveau bien plus élevé que tous les jaillissements contemporains. Nous verrons tout à l'heure ce même phénomène se reproduire pour Plombières.

Evaux-les-Bains (*Creuse*). — Dans cette station, les eaux thermales et hyperthermales, de 14 à 58°, sont amenées au jour par le fameux dyke quartzeux aurifère, qui prend nom, en études géologiques, de: Dyke quartzeux Evaux-Saint-Maurice.

Ce banc de quartz, où l'or, d'après une étude très intéressante parue dans l'*Information*, en 1913, est d'origine thermale et dont, suivant cette étude, on ne peut définir la nature physico-chimique, ce banc de quartz, dis-je, depuis la profondeur fait la séparation des eaux chaudes et des eaux froides et force les eaux hyperthermales à s'écouler à flanc de coteau, au lieu de surgir au point le plus profond de la gorge sauvage où elles viennent au jour.

Là, les Romains se sont trouvés en présence de nombreuses roches éruptives, qui ont émergé à travers les gneiss et les granits plus anciens. On y trouve 30 à 40 fissures thermales dans un espace de 2.000 mètres carrés.

Voici ce que firent les Romains: sur la pente de la colline, suivant leur procédé habituel, ils garnirent les interstices des roches avec du bois desséché, qu'ils humectèrent de vinaigre; sous l'action de la dilatation du bois, les roches les plus dures éclatèrent.

Ils créèrent ainsi une merveilleuse plate-forme horizontale pour le captage des sources et l'édification de leurs Thermes, non grandioses par leur étendue, mais superbes par leurs richesses.

Ayant aplani, dans le flanc de la colline, le terrain thermal, les Romains s'aperçurent que des fissures donnaient naissance à des eaux minérales dissemblables, et c'est là qu'ils firent alors un travail de captage unique.

Après avoir différencié la température et la nature de chacun des filets thermaux, ils entourèrent les failles génératrices avec un premier bétonnage circulaire, puis, à l'aide de cheminées, ils firent un captage spécial pour chaque griffon identifié.

Ensuite ils bétonnèrent toute la surface thermale et c'est ainsi qu'ils purent séparer les sources sulfureuses des sources radio-actives pures, et calculer la hauteur des cheminées juste à la force ascensionnelle de chacun des griffons.

Avant la guerre, en 1913-1914, j'ai pu admirer et étudier un de leurs importants captages, celui de la plus belle source d'Evaux, la Source César. Là, dans un espace de 4 à 5 mètres de côté, jaillissent 5 ou 6 fissures thermales, dont une sulfureuse. La Source César, dont les Romains avaient compris la grande valeur, donne à elle seule un débit de 20 millions de millimicrocuries d'émanation du radium par an. Pour la préserver de toute contamination, les Romains, en plus des bétons circulaires autour de la faille, créèrent des chambres de séparation, remplies d'air, tout autour du griffon, puis coulèrent une masse de béton qui fit corps avec la cheminée d'ascension de l'eau thermale.

Les travaux romains à Evaux s'étendirent sur la période de l'an 40 avant J.-C. à l'an 29 avant J.-C.; et c'est là qu'existent

encore les derniers vestiges si importants et heureusement conservés, du *Caldarium*, du *Tepidarium*, du *Frigidarium* et du *Pulverarium*. Ces désignations suffisent pour faire connaître l'emploi qu'ils ont fait de cette eau thermale. Néanmoins, il y a beaucoup de fuites, et rien que dans les sources du *Caldarium*, j'ai calculé une perte de plus de 300.000 litres d'eau thermale par jour.

Il serait trop long d'entrer dans la discussion des travaux à exécuter dans cette station, mais on peut dire que l'on pourrait facilement récupérer des millions de mètres cubes par jour.

Plombières-les-Bains (*Vosges*). — C'est là que les Romains firent les plus beaux et les plus formidables travaux de captage. La durée des travaux paraît s'étendre depuis la conquête de Jules César jusqu'à l'an 428 après J.-C. C'est Labienus qui fit faire les superbes captages, qui sont encore une merveille d'hydrologie romaine.

Les Romains se trouvèrent au fond d'une étroite vallée et au point le plus décliné, en présence d'un torrent qui se mélangeait à toutes les eaux minérales. Tout d'abord il fallait canaliser et faire la séparation des eaux de cette rivière (L'Eaugronne actuelle) et l'empêcher de se répandre dans les fissures thermales. Pour cela, ils construisirent un lit artificiel à la rivière, complètement en béton, et l'encaissèrent, rejetée sur la partie gauche de la vallée, entre deux murs en pierre de taille d'au moins 2 à 3 mètres de haut et ils en firent ainsi un canal cimenté de 6 m. de large, avec un pavé en dalles de grès de 0 m. 66 d'épaisseur. Un trottoir de 0 m. 33 de hauteur sur une largeur de 1 m. à 1 m. 50, longeait les murs du canal. Ceci fait, les Romains couvrirent les deux

côtés de la vallée, après avoir nivelé le terrain, d'une puissante couche de béton, fait de chaux, de cailloux brisés et de fragments de tuiles.

Dans cette masse solide, ils ménagèrent des puits dans les parties où jaillissaient le plus fortement les sources chaudes. Ce bétonnage général avait aussi pour action d'y faire refluer tous les suintements thermaux. Pour obtenir l'ascension de l'eau minérale, ils surmontèrent ensuite les puits de cheminées faites de tubes de pierres cimentées.

Mais là ne s'arrêtèrent pas leurs précautions. Les Romains fermèrent en haut et en bas la vallée, transversalement, par un mur en pierres de taille et en béton de 3 mètres d'épaisseur, descendant jusqu'au granit thermal. Puis, pour éviter la pollution et l'arrivée des eaux froides des pentes de la montagne, de chaque côté de la vallée, deux grands égouts collecteurs des eaux froides furent construits, pour les rejeter plus loin, dans la rivière Eaugronne.

Durant plusieurs siècles, ils transformèrent et agrandirent les Thermes de Plombières, qui comprenaient une immense piscine, formant un parallélogramme de 100 mètres de long sur 12 mètres de large, pavée de grandes dalles, et qui pouvait contenir environ 500 baigneurs. Cette piscine existe encore dans les sous-sols romains de Plombières et pourrait être remise en service par des travaux de minime importance. L'eau y arrivait par un système de canalisation spéciale et, en 1702, on en trouva la bonde de dégagement avec robinet de bronze.

Plus tard, ils créèrent leurs merveilleuses étuves, aux actions thérapeutiques intenses et étonnantes, dont une subsiste actuellement et a été remise en service.

Mais, dans les siècles de barbarie et d'invasions qui sui-

virent la domination romaine, ces chefs-d'œuvre furent en partie détruits et restèrent sous les décombres, dont on ne les a pas entièrement dépouillés. Même dans une de ses parties, la rivière si bien canalisée par les Romains, a pris un autre lit. Une des plus grandes destructions qui entraînèrent de graves dangers et des pertes thermales considérables, fut l'œuvre d'un ingénieur qui, de 1852 à 1856, pour retrouver les jaillissements romains, éventra les égouts et les laissa béants, ainsi que les captages romains, en solide béton, sans se rendre compte des désastres qu'il commettait. »

Mais cet ingénieur a-t-il prévu ou a-t-il fait des travaux pour éviter des contaminations et des mélanges d'eaux?

« Nullement, il ne s'arrêta qu'une fois entré dans les étuves romaines, où il n'osa pas pousser plus loin sa destruction.

Cependant, tout à côté, il laissa construire une maison sur une partie des étuves romaines, ignorant qu'en ce point se trouve la clef hydrologique d'une partie des failles thermales de Plombières. Je pourrais vous citer d'autres étuves, d'autres chambres balnéaires, sous l'Hôtel Deschaseaux, sous les arcades, sous la route du Val d'Ajol, etc... Mais malheureusement, pour reprendre ces sous-sols de Plombières, il faudrait démolir une partie des habitations actuelles et dépenser des milliards.

Aussi, devant la nécessité de récupérer une partie des eaux minérales perdues, a-t-on employé un autre procédé scientifique, qui a permis, comme la preuve vient d'en être faite ces jours derniers, de retrouver quelques failles productrices thermales. »

Nous demandâmes alors au docteur Charmont: *Comment*

on peut retrouver les eaux thermales perdues? A ceci il répondit :

« Cette question intéresse au plus haut point toutes les stations thermales françaises. Sans m'étendre longuement sur cette question, vitale pour beaucoup de stations, je puis vous résumer ce que j'ai fait à Aix et surtout ce que j'ai préconisé à Plombières, aidé des connaissances hydrologiques de mon ami Mager et des appareils de radio-tellurie de mon ami Duvermy.

Nous avons, dans ces deux stations, recherché les failles thermales, Mager, selon sa théorie des vibrations lumineuses des corps, Duverny et moi par les vibrations similaires aux ondes de la télégraphie sans fil, qui s'échappent de tous les corps en continuelle évolution. Toutes ces expériences furent concluantes. Une fissure thermale énorme, sous la Maison Résal-Cornuet, existe à Plombières et fait monter, de plus de 1.000 mètres de profondeur, une colonne d'eau hyperthermale à très grande radio-activité. Ne pouvant l'attaquer par forage direct, à cause de la présence des maisons, nous avons recherché quelques branches importantes, inconnues des Romains, en dehors des bétonnages et accessibles directement dans les rues. Les premiers travaux furent commencés cet hiver et, à la profondeur indiquée, on trouva à 11 mètres une première fissure en plein granit primitif, qui donna aussitôt un écoulement d'eau hyperthermale à 63°, avec un dégagement intense de gaz à émanation du radium, ce que nous avions prévu aussi. Les forages se continuent et j'espère bien, à 22 mètres, atteindre une nouvelle zone de pertes thermales à température de 80° environ et à débit très important. Malheureusement, certains immeubles empêchent de conduire les travaux de la façon la meilleure. Toutefois, en attaquant

successivement, par forage, plusieurs fissures perdues, on arrivera à obtenir une eau minérale extrêmement pure avec tous ses éléments minéralisateurs, et avec un débit d'au moins un million de litres par jour.

Une grande évolution se fait. Ce n'est que par la science des vibrations et par la radio-tellurie que l'on peut arriver à découvrir les failles thermales souterraines et à les amener au jour par forage, comme je l'ai prouvé à Aix-en-Provence, il y a deux ans, et à Plombières ces temps derniers.

En tout cas, et pour me résumer, il est nécessaire que les lois désuètes qui s'appliquent aux stations thermales soient transformées, et que les Facultés de médecine et les Sociétés d'hydrologie qui s'y rattachent puissent donner des directives utiles au relèvement et à la prospérité de nos stations.

C'est donc une gloire, pour l'Université de Nancy, d'avoir, une des premières, avec la Faculté de médecine de Bordeaux, compris l'importance de l'appui éclairé qu'elle doit accorder au corps médical, si laborieux, de nos stations hydrominérales, et ces Maîtres éminents de votre Faculté, qui se sont dévoués pour le développement de notre richesse thermale, doivent recevoir l'assurance de notre profonde reconnaissance, car ayant été à la lutte, ils doivent être aussi à l'honneur. »

CHAPITRE III

GÉOLOGIE

Dans son *Précis historique des eaux minérales les plus usitées,* Alibert écrit: « Une étude approfondie de ce qui nous environne est absolument indispensable pour l'intelligence des théories qui se rapportent aux eaux minérales. Ces eaux, qui serpentent en longs filets dans le sein de la terre, pour se charger des principes minéralisateurs, ont des connexions constantes et nécessaires avec tous les phénomènes de la nature, avec les tremblements de terre, avec les éruptions des volcans, etc... » On doit admettre, en effet, que la composition des eaux minérales est sous la dépendance de la structure géologique de la région considérée, puisqu'elles contiennent les éléments des principes constitutifs des terrains traversés dans leur trajet. Il suffit d'ailleurs, pour s'en convaincre, de comparer l'analyse des eaux minérales avec la carte géologique.

Avant d'entreprendre un captage, on cherchera à savoir d'où provient l'eau minérale à recueillir, comment elle a pénétré en profondeur, comment elle s'est constituée. L'étude des lois géologiques présente donc un intérêt pratique; elle pose avant tout le problème de l'origine des eaux minérales. Ce sont ces théories que nous allons d'abord exposer.

En 1847, Elie de Beaumont a affirmé une origine commune

aux filons métalliques, aux éjections volcaniques et aux eaux minérales. Il admettait donc leur origine ignée.

Plus tard, l'ingénieur Daubrée démontra l'origine météorique exclusive des eaux thermales. Les eaux de pluie, après un certain trajet à la surface du sol, pénètrent par capillarité dans les interstices des roches, en se chargeant de tous les éléments solubles qu'elles rencontrent, s'échauffent, et forment des nappes dans les cavités de l'écorce par la réunion d'infiltriatons, auxquelles l'état du terrain a permis de pénétrer ; puis, profitant d'une faille ou d'une diaclase, elles remontent à la surface du sol.

Ces deux théories, seules admises dans la genèse des eaux minérales, ont été reprise ensuite. Celle-là par le professeur Armand Gautier, celle-ci par le professeur de Launay.

Il y aurait donc deux catégories d'eaux thermo-minérales. Les unes d'origine neptunienne, ce sont des eaux d'infiltration, minéralisées par lixiviation, comme Vittel, Contrexéville. Enghien, Niederbronn. Paul Blum (de Strasbourg) les a appelées « eaux de retour ». Les autres, d'origine plutonienne, viennent de la profondeur de la croûte terrestre et sont formées par synthèse aux dépens des roches ignées. Armand Gautier les a appelées « eaux vierges » ; Vichy, Bourbonne, Uriage, Plombières... rentrent dans ce second groupe.

Enfin certaines eaux, celles d'Allevard, par exemple, proviennent d'un mélange d'eaux vierges et d'eaux de surface Ce sont des eaux mixtes.

Certains caractères permettent de déterminer l'origine probable d'une source thermale, tels le débit, la température et la minéralisation, qui varient avec la nature des roches. Il s'ensuit que l'étude du sol et du sous-sol est indispensable à l'hydrologue pour le guider dans la recherche, le captage et

l'aménagement des sources, de manière à maintenir l'eau minérale dans sa formule chimique et thermale.

Depuis longtemps, on sait que les eaux empruntent aux terrains qu'elles traversent leurs principes salins. Alibert a même reconnu que, parmi tant de substances décomposées dans l'intérieur du sol, les eaux dissolvent les principes les plus salutaires « tant il est vrai, dit-il, que la nature procède toujours d'après des intentions bienfaisantes ». Et ces rapports sont si intimes entre les eaux minérales et certaines roches, que François a employé le terme de *roches congénères*. C'est donc à juste titre que Pline a pu dire : *Tales sunt aquæ qualis terra per quam fluunt.*

Quant à la température des eaux, nous savons que celles qui sont formées dans les terrains primitifs sont thermales et hyperthermales, parce qu'elles proviennent de profondeurs considérables (la température augmente de 1° centigrade pour une profondeur de 33 mètres environ). Celles qui naissent des terrains de transition sont moins chaudes.

La protection des sources nécessite, elle aussi, une étude attentive du sous-sol de la région. Cette protection consistera à empêcher les dépôts de détritus au voisinage de l'émergence pour éviter les pollutions, et surtout à se mettre en garde contre des sondages voisins atteignant la même nappe de liquide. D'où la nécessité d'un périmètre de protection, dont les limites seront fixées d'après la nature du terrain.

C'est encore la géologie qui indiquera à quel niveau il faut capter pour s'assurer le maximum de débit, à quel niveau se trouve l'émergence naturelle pour la ramener, s'il y a lieu, au point le plus bas. Les conditions qui déterminent les griffons des sources ont une grande importance pour le captage. Les eaux thermales, par suite de leur émission ascensionnelle,

tendent à s'échapper par des points de moindre résistance : filons, failles, situés le plus souvent à la limite des roches éruptives et des roches plus récentes. Le procédé de captage variera suivant le mode d'arrivée de l'eau à la surface, et suivant la nature du terrain situé autour du griffon : sédiments ou terrain dur.

Toutes les eaux minérales sont en rapport avec des dislocations de l'écorce constituant des points de faible résistance, failles ou fractures, qui peuvent être considérées comme des canaux par où s'épanchent au dehors les nappes formées dans les cavités de la croûte terrestre.

Les plissements qui se sont succédés dans la formation du continent européen, ont été générateurs de sources thermo-minérales, surtout le plissement de la fin de la période primaire, qui a fait émerger la Chaîne Hercynienne, et le soulèvement alpestre de la période tertiaire. La France a été privilégiée lors de ces plissements, car c'est précisément les versants français des Pyrénées et des Alpes qui ont été les points de cassure. La caractéristique des eaux minérales varie d'après l'âge du plissement. C'est ainsi que, disloquée de nouveau pendant la période quaternaire par l'éruption des volcans, la Chaîne Hercynienne a donné les eaux bicarbonatées sodiques, dont le type est Vichy. La proportion d'anhydride carbonique qu'elles contiennent est en rapport avec la nature du sol où elles sourdent. Celles qui jaillissent des terrains primitifs et de transition sont plus chargées de CO^2 que les eaux des terrains sédimentaires.

Avec les connaissances géologiques actuelles, on a même pu *attirer à soi* des eaux souterraines. Par la méthode des sondages, l'ingénieur François a pu capter, à La Malou, une eau perdue. On peut aussi aller à la recherche d'une nappe

profonde soupçonnée et déduite de la structure d'un terrain déterminé. C'est ainsi que Lanternier, en 1908, fit entreprendre, à Nancy, des travaux de sondage qui donnèrent le jour à une source thermale de grande valeur.

Ce qui rend aussi la géologie importante pour les sources minérales, c'est l'action que leurs eaux finissent par exercer sur les formations qu'elles traversent et surtout au niveau des griffons. Daubrée, dans son *Traité des Eaux souterraines*, a mis ce fait en évidence. A Plombières, il a constaté, sur les maçonneries romaines de captage, faites en ciment et en briques, des cristaux de silicates ou zéolithes, dûs à l'action prolongée des eaux.

Si l'étude de la structure des terrains est indispensable pour la recherche et le captage méthodique des sources thermales, il faut dire aussi que, dans bien des cas, les sources sont pour le géologue le seul moyen d'explorer le sol, l'analyse des eaux indiquant les différents terrains traversés. Dans un forage, par exemple, l'analyse des détritus, au fur et à mesure de leur remontée à la surface, indique la superposition des terrains traversés.

De ce qui précède, on peut conclure qu'il ne saurait y avoir de captage rationnel sans une étude géologique préalable et approfondie de la région considérée. C'est, en effet, sur les bonnes conditions du captage et sur les principes minéralisateurs d'une eau minérale que ces travaux respecteront, que s'appuiera l'Académie de médecine pour en autoriser ou en interdire l'usage thérapeutique.

C'est pourquoi nous avons consacré un chapitre spécial à l'exposé des motifs de cette étude. En décrivant chaque procédé en particulier, nous compléterons ces données sur la nature du sol d'où émerge chaque source.

CHAPITRE IV

ÉTUDE DES PROCÉDÉS DE CAPTAGE

En nous basant sur les principes énoncés plus haut, les procédés de captage varieront suivant les circonstances particulières; émergence dans un terrain sédimentaire ou une roche dure, dans un terrain fissuré ou sur le bord d'une rivière, dans une vallée; il faudra tenir compte aussi de la nature de l'eau à capter et de son utilisation thérapeutique. On choisira donc, d'après ces données, tel ou tel procédé, celui, en somme, qui s'adaptera le mieux aux conditions où l'on se trouve; les captages antérieurs insuffisants ou détruits ne permettent pas toujours d'agir comme il conviendrait.

Nous allons décrire un certain nombre de types de captages, depuis les plus simples, qui sont aussi les plus anciens, jusqu'aux plus récents. Nous choisirons les plus typiques, ceux qui ont nécessité des travaux scientifiques, et où les principes essentiels des captages ont été respectés.

Nous diviserons ce chapitre en quatre paragraphes:

§ 1. — Cas où le griffon de la source est superficiel;

§ 2. — Cas où l'on atteint le griffon par puits ou par galerie;

§ 3. — Cas où l'on ne peut atteindre le griffon;
§ 4. — Sondages et forages.

§ I. Le griffon superficiel.

a) *En terrain meuble.* — C'est ici le procédé le plus simple, qui consiste à dégager l'émergence de la source en creusant une fosse dans la terre meuble et à favoriser la sortie de l'eau à la surface du sol, en un ou plusieurs points déterminés d'avance et généralement les plus bas situés pour diminuer la pression et partant augmenter le débit, éviter le plus possible la déperdition des eaux et leur mélange à la surface du sol. On construit ensuite une cuvette tout autour pour compléter l'isolement de l'eau thermale. Cette enceinte, dont on a un type à Euzet (Gard) et un autre à Saint-Gervais (Haute-Savoie), est constituée par une série d'enveloppes bétonnées, concentriques, s'enfonçant d'autant plus qu'on se rapproche du griffon. Il est donc nécessaire, dans les terrains fissurés, d'établir des barrages pour isoler les eaux minérales. C'est ce qu'ont fait les Romains à Plombières, quand ils ont construit leur barrage en béton, qui empêche les eaux thermales de se perdre dans la vallée.

b) *En roche dure.* — Il faut atteindre la roche compacte, peu profonde, en creusant une fosse dans les terrains sédimentaires, puis établir un drainage latéralement pour éloigner les eaux superficielles. Des travaux de ce genre ont été faits à Maizières (Côte-d'Or), et surtout à Bourbon-L'Archambault, où ils ont même été complétés dans la suite.

La source de Bourbon-L'Archambault (Allier) provient d'une fracture du gneiss, roche très solide. Cette fracture remonte à l'époque Hercynienne; elle se prolonge sous un

étang d'un kilomètre de long qui, suivant le principe des pressions réciproques déjà énoncé, constitue autour de la source une surcharge liquide suffisante pour concentrer les eaux thermales en un seul point. Les Romains avaient dégagé la fracture aussi loin que possible de chaque côté du point d'émergence; puis ils avaient creusé une fosse rectangulaire de 5 m. 70 de profondeur et d'un volume de 51 m^3, revêtue d'une épaisse couche de béton pour éviter les infiltrations. Dans les travaux exécutés en 1882 par de Gouvenain, on installa une pompe dans cette fosse pour refouler l'eau, trop chaude et inutilisable à 53°, dans trois bassins réfrigérants situés au sommet d'une petite colline, à 18 mètres environ au-dessus des sources. Après 40 heures de séjour, l'eau redescend à 30°, sous pression, à l'établissement situé plus bas.

Ces deux procédés ont été appliqués par les Romains, et on peut dire que rares sont les sources qui n'ont pas été captées par eux. On en trouve des restes un peu partout.

Nous savons que, par suite de dépôts d'alluvions sur le griffon superficiel ou d'incrustations déposées au cours des siècles, des sources thermales ont été perdues et d'autres ont eu leur griffon déplacé depuis l'époque des captages romains. Elles ont choisi, pour émerger de nouveau, un point de moindre pression à travers les terrains perméables, parcourant parfois de longs trajets souterrains, au détriment de leur débit et de leur température.

Un bon captage doit éviter ces dépôts, qui obstruent l'orifice, surtout s'il s'agit d'eaux bicarbonatées. Ainsi, à Vichy, la source de la Grande Grille vit, de 1819 à 1853, son régime et sa température passer de 17.000 litres d'eau à 41°, à 3.400 litres à 33°. Des travaux entrepris alors par l'ingénieur François ramenèrent le débit à 68.000 litres et la température à 41°

Il en fut de même des sources Lucas et du Puits-Carré. A la source du Dôme (près Vichy), dont la température est de 62°, malgré un captage perfectionné, on est obligé de changer tous les deux ans environ, l'extrémité supérieure du tube d'ascension, tant sont considérables les incrustations de carbonate de chaux, produites par le refroidissement de l'eau, et déposées sur l'orifice de sortie. A Royat, à la même époque, le débit fut porté de 240 litres à 1.200 litres à la minute. Fort de ces résultats, François réussit à ramener au jour, à Ax et à Cauterets, des sources qui avaient ainsi disparu depuis longtemps, par suite des incrustations épaisses de travertin. Cependant, nous verrons dans le paragraphe 3, que ces dépôts ont quelquefois un effet bienfaisant, en exerçant une charge solide autour du griffon.

Parfois, certaines sources trouvent un avantage à se mélanger aux eaux superficielles, soit à cause de leur minéralisation trop élevée, soit qu'elles empruntent aux terrains perméables des éléments nouveaux qui modifient favorablement leur composition, en leur donnant des propriétés nouvelles.

Les règles de captage ne demandent pas à être toujours observées dans toute leur rigueur. Mais il faut veiller à éviter surtout la pollution des eaux thermales. Pour les eaux sulfureuses notamment, il est préférable de ne pas changer, par des captages perfectionnés, le cours normal des eaux, qui sont avantageusement modifiées dans leur composition par les éboulis à travers lesquelles elles circulent avant d'émerger.

Les eaux de Cransac (Aveyron) sont des eaux de surface type dont le débit et la minéralisation varient très nettement avec la sècheresse et les pluies. Ce sont des eaux de lixiviation par les infiltrations pluviales, des détritus du terrain houiller; elles s'amassent dans les bas-fonds, où elles prennent leur

température et leurs principes minéraux. Le coupage qu'elles subissent naturellement les rend aptes à la consommation. De même, l'eau de Montmirail (Vaucluse), vient du lessivage par les infiltrations supérieures de plâtres alternant avec des marnes tertiaires. L'eau s'infiltre dans la cuvette d'une ancienne carrière de plâtre, dont les parois sont recouvertes de dépôts épais de sulfate de soude et de magnésie. A Luxeuil, les captages n'atteignent pas le granit, mais sont simplement constitués par des canalisations reposant, à environ trois mètres de profondeur, sur le grès bigarré. Les eaux thermales empruntent les éléments de leur minéralisation, non seulement au granit d'où elles émergent, mais aux différents étages supérieurs du trias qu'elles traversent.

Deux sources voisines cependant, et de même origine, peuvent offrir des différences importantes au point de vue médical si les principes minéralisateurs n'ont pas la même valeur sur les deux griffons. A Luxeuil, en effet, les diverses sources ont une composition chimique très différente, bien que leurs émergences soient très rapprochées et proviennent de la même colonne d'eau ascendante.

Quelques eaux thermo-minérales ne peuvent être supportées pures, même à doses très faibles, par des estomacs délicats ; on doit alors les édulcorer ou les mélanger à du lait ou à une infusion. A Bains, Bourbon-Lancy, Néris, Hammam-Mélouane (Algérie), l'emploi du même procédé permet d'appliquer le traitement thermal à des malades chez qui une médication plus active ne serait pas tolérée. Mais cette façon d'agir, quelque utile qu'elle soit, n'entrera chez nous que bien difficilement dans la pratique (en Allemagne, c'est une méthode courante), par suite de l'effet moral que ce procédé

produirait sur le public, imbu déja, nous l'avons dit, de beaucoup de préjugés à l'égard des eaux minérales.

§ II. Cas où l'on peut atteindre le griffon.

Lorsque le griffon est profond, mais accessible par des travaux de terrassement, il est nécessaire de l'atteindre, sauf les cas signalés plus haut. Les eaux sortant, le plus souvent, d'une fracture des roches sous-jacentes, se mêlent aux eaux de surface en traversant les terrains d'alluvions. Un simple captage superficiel ne drainerait qu'une très faible partie des eaux minérales, dont les filets divergents se perdraient un peu partout et se souilleraient. Il est donc indispensable de creuser des galeries pour atteindre la roche en place, ou d'installer des puits et des sondages solidement fixés à la roche de manière à constituer une enceinte étanche. Le point délicat consistera à rechercher la fissure d'où sort l'eau minérale et à l'isoler en la dégageant le plus possible. Les moyens à employer, pour accéder au griffon, varieront avec les terrains qui les recouvrent: terrain meuble ou roche dure.

a) *En terrain fissuré ou meuble,* on construira des tranchées et des puits, comme à Aulus (Ariège), et en aussi grand nombre qu'il y aura de griffons. Ces puits seront, de plus, pourvus d'un revêtement étanche en ciment pour arrêter les eaux superficielles. A Vittel et à Contrexéville (Vosges), les eaux minérales reçues dans un puits, creusé dans l'argile pour les isoler des eaux froides, sont captées au niveau du griffon par un tube ascensionnel, rendu étanche par une semelle de béton, atteignant le muschelkalk sous-jacent et remontant l'eau minérale dans le puits.

Les captages anciens de ce genre consistaient à découvrir l'émergence à l'aide de tranchées à ciel ouvert. Les griffons

ainsi mis à nu, étaient recueillis dans des puits d'appel ou bien dans des colonnes en brique, en terre cuite ou en plomb. Autour de ces puits, étaient installés des travaux de drainage pour éloigner les infiltrations. Le puisard romain de Bourbonne repose sur un pilotis enfoncé solidement dans le terrain argileux. Il supporte une couche horizontale de béton, dans laquelle est encastré un tuyau de plomb atteignant la nappe hydrothermale.

Ce puisard est formé par quatre enceintes successives, de l'intérieur à l'extérieur: pierres de taille, béton, pierres de tailles, moellons (soit en tout 1 m. 56 d'épaisseur et 7 mètres de profondeur). Les travaux de 1875 ont mis à découvert tout un système de galeries et de maçonneries, destinées à atteindre et à isoler l'eau minérale. Les sources actuelles ont nécessité d'autres travaux pour capter les eaux qui, par suite des destructions subies depuis l'époque romaine, apparaissaient un peu partout à la moindre excavation du sol, se perdaient en partie dans les terrains meubles, et passaient ensuite dans les égouts et le ruisseau de Borne. Les Romains détournèrent ce ruisseau, ainsi qu'ils l'ont fait à Plombières, en lui bétonnant un lit artificiel; puis, par des sondages, ils traversèrent une couche de sable, d'argile et de grès bigarré pour faciliter la sortie de l'eau thermale et par suite augmenter le débit total de la source. C'est dans la couche de sable qu'on a trouvé plus de 4.700 médailles d'or, d'argent et de bronze, jetées là, d'après la légende, en souvenir de guérisons obtenues, appartenant à des époques différentes et en partie rongées par les eaux. Des faits de ce genre sont signalés bien souvent. Par suite de l'accroissement du régime de la source, le puisard romain devint alors insuffisant et on dût construire un autre puits en grès bigarré jusqu'au niveau du sol.

b) *En roche dure.* — Si la source thermale arrive au jour par une fissure de la roche, qui lui sert de canal vecteur jusqu'au griffon, c'est en ce point que le captage devra recueillir l'eau, c'est-à-dire là où elle ne court pas encore le risque d'être souillée par son contact avec les terrains sédimentaires. On obtiendra ainsi une eau « intégrale ». Pour cela, la fracture étant dégagée aussi loin que possible autour de l'émergence, on établira une chambre de captage munie d'un robinet d'écoulement à la partie supérieure. Cette chambre sera renforcée, s'il y a lieu, par une deuxième enceinte en béton, pour assurer son étanchéité.

L'eau ferrugineuse d'Orezza (Corse) a été captée très profondément et toutes les précautions ont été prises pour éviter toute souillure par l'eau de pluie. On a atteint la fracture du rocher, constitué par des schistes amphiboliques, et on a protégé l'émergence, pour s'assurer une eau stérile, par une enceinte en ciment et en brique d'une épaisseur de 0 m. 60. Sur cette enceinte, on a ajusté un tube en verre de 23 m. 50 de long, qui conduit l'eau minérale à la buvette du Pavillon, et un autre tube, également en verre, d'une longueur de 48 m. 50, conduit l'eau à l'embouteillage.

Sources de Vichy. — Les sources naturelles de Vichy émergent d'une série de fractures survenues dans les tufs porphyritiques du culm (période tertiaire), situés à l'est de la ville, d'où elles tirent leur richesse en soude.

Source des Célestins. — Primitivement, on a creusé une citerne au pied du rocher des Célestins, pour recevoir l'eau minérale qui sortait d'un dyke de travertin, au pied de ce rocher. Plus tard, on approfondit cette citerne, d'où l'eau minérale était pompée. En 1870, de Gouvenain creusa une

tranchée de 4 mètres de profondeur, établit une galerie et obtint la source actuelle.

Source de l'Hôpital. — Le captage a été très simple, puisqu'on n'a eu qu'à creuser un puits peu profond (2 mètres), pour atteindre la roche, isoler l'eau et la recueillir.

Source de la Grande-Grille. — Il a fallu la dégager des alluvions de la surface jusqu'à 4 mètres de profondeur, l'isoler à l'aide d'une cloche de captage et d'une colonne ascensionnelle en cuivre rouge.

Source Chomel. — Anciennement appelée *Source du Puits-Carré,* a nécessité de grands travaux pour l'empêcher de se perdre dans les sédiments et les marnes de la surface. On a établi un certain nombre de barrages en glaise, comme ceux décrits pour la source d'Euzet, mais ici on a l'avantage d'une tendance à la consolidation définitive par la formation continuelle de dépôts incrustants. L'eau thermale, recueillie dans une chambre de captage, monte par une cheminée centrale de 0 m. 86 de section.

Source du Puits Lucas. — En 1854, pour capter cette source, on creusa un puits de 9 m. 50 de profondeur latéralement au griffon, puis une galerie se dirigeant vers l'émergence. Mais les moyens d'épuisement de l'eau minérale étant insuffisants, une brusque arrivée d'eau empêcha de poursuivre les travaux. Le débit de la source était à ce moment de 26.742 litres par 24 heures. En 1884, de Launay reprit les travaux, pour essayer de prolonger la galerie, la cimenter et atteindre le griffon. L'épuisement du puits et de la galerie fut obtenu au moyen d'une locomobile, placée sur l'orifice du puits, et débitant 102.850 litres par 24 heures, c'est-à-dire environ quatre fois le débit normal de la source.

Par suite de la chaleur, de la vapeur et de l'abondance des gaz, surtout de l'anhydride carbonique, dégagés incessamment par l'eau minérale, l'atmosphère étant devenue irrespirable, on plaça un ventilateur au-dessus du puits. Mais, au fur et à mesure que la galerie devenait plus profonde, l'air n'était plus suffisamment ventilé. On dût alors percer une cheminée d'aération exactement au-dessus du griffon et y adapter un ventilateur soufflant pour réaliser une circulation d'air continue. A la fin des travaux, le régime normal de la source fut de 52.294 litres par jour.

Aux *Eaux-Bonnes* (Basses-Pyrénées), l'eau thermale sort d'une fissure du rocher. Un bassin de 11 mètres de profondeur a été construit sur l'émergence pour amener l'eau à la surface. Dans sa partie inférieure, le bassin est isolé par une couche de barégine et de sulfuraire grise.

A *Luchon* et à *Plombières,* les sources sont captées par galeries souterraines et il aurait été impossible d'éviter leur mélange avec les eaux superficielles, si on n'avait établi un captage pour les eaux froides analogue à celui des eaux minérales.

Quelques sources ne peuvent s'élever d'elles-mêmes et restent aménagées dans des puits, d'où on les monte à la surface avec une pompe foulante. Il en est ainsi de la source du Parc, à Vichy, qui arrive au moyen d'une pompe, par un jet saccadé, dans une vasque en forme de coquille.

Ce procédé, qui permet d'accéder au griffon, est sans contredit le meilleur et celui qu'il faut employer pour recueillir une eau thermo-minérale stérile à l'origine. La source est ainsi parfaitement isolée, depuis son canal souterrain jusqu'à son émergence véritable, par un système de tranchées, de galeries ou de puits, s'appuyant directement sur la roche et,

si besoin est, en refoulant les eaux de surface à l'aide de barrages souterrains.

§ III. Cas où l'on ne peut atteindre le griffon.

Lorsqu'il est impossible, pour capter une source, d'employer les moyens que nous avons indiqués, il faut recourir alors à d'autres procédés plus compliqués, variables suivant qu'on se trouvera en présence d'un terrain meuble, d'un terrain fissuré, près d'une nappe d'eau ou au milieu de cette nappe.

Il devient difficile, dans ces circonstances, d'agir directement sur le griffon en créant un point de moindre résistance; c'est alors par des moyens détournés que l'on forcera la source thermale à jaillir au point choisi, en établissant autour d'elle une pression suffisante.

Ce dispositif, employé déjà par les Romains, présente en outre l'avantage d'éloigner les eaux froides de la source thermale. L'importance de cette méthode est considérable, puisqu'elle permet le captage d'une source dans des circonstances où aucune autre ne pourrait être appliquée. Jusqu'alors, l'appel de l'eau thermale a été réalisé par l'établissement d'une zone faible au point le plus déclive, qu'une simple excavation pouvait souvent produire. Dorénavant, on exercera simplement une surcharge sur toutes les émergences autres que celle qui aura été choisie, de manière à contraindre l'eau à s'engager en ce point. Là, on établira une enceinte ou une colonne d'ascension en maçonnerie ou en métal, pour éviter le contact des eaux de surface et augmenter le débit, la température et la minéralisation de la source.

Mais l'inspecteur général des mines François fut amené, en 1838, à se servir d'une masse liquide pour obtenir le même

résultat. Nous verrons combien de services a rendu ce procédé, qui est de beaucoup le meilleur.

Les premières applications de ce principe furent réalisées par les Romains, qui utilisèrent dans ce but, à Plombières, à Evaux, à Néris... le poids d'une lourde masse de béton (1).

Les eaux de Néris (Allier) sourdent à flanc de coteau, ce qui est l'exception. Le procédé employé ici par les Romains est l'application du même principe qui les avait guidés à Evaux: forcer les eaux thermales à émerger en un point déterminé, en appliquant tout autour une surcharge de béton.

Si on a plusieurs griffons thermaux solidaires, épars et en contact avec des eaux froides, il devient impossible, surtout si on se trouve en terrain perméable, soit de les atteindre, soit d'appliquer latéralement une surcharge solide.

C'est dans de telles conditions que François eut à capter les eaux thermales d'Ussat (Ariège) en 1838. Après une étude sérieuse de la situation, il réussit à transformer l'obstacle en un moyen de captage, réalisant le principe qu'il appela: *Principe des pressions hydrostatiques réciproques.*

On sait, en effet, que deux eaux de densité, de température et de minéralisation différentes ne se mélangent que difficilement et lentement. On cite à ce propos plusieurs sources thermales, qui s'élèvent du fond de la mer, ne se mélangeant que fort loin avec l'eau salée.

Le gulf-stream, de même, ne cède point sa température aux eaux de l'Océan, qui lui forment un véritable lit.

A Ussat, François remarqua que le volume et la température de l'eau minérale augmentaient au lieu de diminuer, bien

---

(1) Les travaux de captage exécutés à Evaux et à Plombières sont mentionnés au chapitre: Historique.

qu'elle fut mélangée à l'eau froide, pendant les crues de l'Ariège. Il s'agissait d'utiliser ce fait pour recueillir l'eau thermale, en réglant convenablement l'action des deux masses liquides.

Pour cela, il rechercha soigneusement les points de moindre résistance, qu'il dégagea par des travaux d'approfondissement, puis il construisit une enceinte de béton comprenant l'ensemble des sources. Le radier de l'enceinte atteignait à peine 1 m. 20 de profondeur, pour permettre à l'action des deux pressions en présence de s'exercer sous sa limite inférieure. C'est précisément là que les deux forces doivent se contrebalancer; d'un côté eau froide, de l'autre eau chaude, minéralisée et de densité plus élevée. Le courant inverse des eaux, celle-ci avec une marche ascendante, celle-là avec une pression dans le sens de la pesanteur, aidera à les isoler. François réalisa la pression des eaux froides, en dérivant les eaux de l'Ariège au moyen d'un barrage solide, qui les retint à 2 kilomètres en amont. De là, il les amena dans un aqueduc creusé dans les alluvions et, à l'aide de vannes, il put en faire varier le niveau à son gré, pour contrebalancer l'action des eaux thermales renfermées dans l'enceinte. Au fur et à mesure que le niveau d'eau douce s'élèvera, on observera la montée progressive de l'eau thermale à l'intérieur des ouvrages et, avec un débit, une température et une minéralisation plus considérables. Il s'agit alors de régler la force des deux pressions en présence, de chercher leur état d'équilibre, pour obtenir un rendement plus important.

Ainsi, cette méthode ingénieuse a permis, non seulement de maintenir à la source minérale l'intégrité de ses éléments en supprimant le contact des eaux froides, mais encore de

transformer le mal en remède, en utilisant le voisinage des eaux froides pour capter les eaux chaudes.

Le même procédé fut adopté à Bagnères-de-Luchon (Haute-Garonne). Les sources émergeaient de la profondeur, le long d'un filon de granulite qui leur servait de plan directeur et venaient se perdre dans des terrains fissurés, formés par des éboulis, en un grand nombre de filets thermaux dirigés en tous sens. L'isolement des griffons semblait donc impossible dans de telles conditions par l'emploi des procédés simples de captage. François entreprit des travaux analogues à ceux d'Ussat, en tenant compte néanmoins des circonstances nouvelles. A l'aide de galeries maçonnées sur la roche même, il capta d'abord les eaux froides qui, au moment de la fonte des neiges, venaient altérer les sources sulfureuses; puis, latéralement à celles-ci, il appliqua une colonne d'eau froide, dont il régla la hauteur, et dont le poids devait être suffisant pour exercer sur les eaux thermales une pression convenable à leur isolement complet.

Ce mode de captage, tel qu'il a été réalisé dans cette station, est le plus considérable des travaux de ce genre; mais l'importance de notre travail ne nous permet pas d'exposer tous les détails de la technique. Il s'agissait de recueillir tous lse filets thermaux avec une parcimonieuse précaution, pour ne pas diminuer le débit total des sources, déjà peu abondant, et permettre de subvenir à tous les besoins.

Les sources de Balaruc (Hérault) subissent nettement l'influence des variations de niveau de l'étang de Thau, situé à proximité des sources thermales, par suite des dislocations récentes de l'écorce terrestre dans cette région.

A Bourbon-L'Archambault, il semble que les eaux thermales soient concentrées en un point unique, par la pression

d'un étang d'un kilomètre de long, situé sur le prolongement de la fracture donnant issue aux eaux minérales.

Ce sont ces constatations naturelles qui ont conduit l'ingénieur François à essayer d'appliquer artificiellement cette disposition.

A Enghien, la situation est plus complexe; la source jaillit en plein lac. Le procédé de captage à employer s'imposait ici parfaitement et nécessitait des travaux minutieux. Après avoir mis le lac à sec, on a enfoncé solidement, dans la vase, pour isoler les griffons thermaux des eaux froides, une cuve en bois garnie de trous, latéralement et à la partie inférieure, pour permettre le passage de l'eau minérale. Tous les griffons voisins, moins importants, sont drainés vers la base de la cuve par un système de quatre tuyaux horizontaux, mesurant un mètre de long, superposés et séparés par des couches de graviers constituant un filtre.

Tout cet ensemble est séparé des eaux douces par des feuilles de plomb recouvertes de terre glaise. Les eaux du lac exercent ainsi une pression latérale autour de la cuve et contribuent à y faire affluer toutes les veines thermales par les orifices pratiqués à sa base.

La pression optima est obtenue lorsque les eaux du lac et l'eau minérale contenue dans la cuve sont au même niveau. Dans le cas particulier, il serait impossible de modifier le niveau du lac, c'est alors le niveau de l'eau minérale que l'on fait varier à volonté au moyen d'un siphon, dont on règle convenablement le débit, et qui conduit l'excès d'eau chaude à l'Etablissement.

Le plus souvent, le procédé des *Pressions hydrostatiques réciproques* a été appliqué dans des cas bien déterminés. Il est précisément d'une application délicate et dans des mains

inexpertes il aboutirait aux plus fâcheux résultats, alors que, appliqué en connaissance de cause, il permet de réaliser un captage inespéré.

La charge liquide présente sur la charge solide, en plus les avantages énumérés plus haut, celui de remplir tous les interstices du terrain, de manière à exercer une pression plus forte, là où il y a un point faible, et ensuite de pouvoir régler la pression à volonté suivant les besoins.

§ IV. Sondages et forages.

Ce procédé spécial, parce qu'il nécessite une instrumentation compliquée, s'applique dans des circonstances particulières.

Le principe consiste à s'enfoncer dans le sol, à une profondeur plus ou moins grande, et à atteindre la nappe thermale pour permettre à l'eau de remonter à la surface. On pratique un sondage quand on veut rechercher une source filonienne, dont on possédait déjà le griffon naturel, pour en augmenter le débit, comme à La Bourboule, ou bien pour aller au-devant d'une nappe liquide, retenue dans une couche de terrains imperméables, et simplement soupçonnée, comme à Nancy-Thermal.

Dans d'autres cas, ce sera pour assurer à la source un captage convenable, en lui évitant un long circuit dans les sinuosités du sol.

Ainsi canalisée, on évite la contamination et le refroidissement de l'eau thermale dans les différents terrains, en même temps qu'on augmente sa force ascensionnelle et son débit, puisqu'on supprime les frottements.

Pour conserver à l'eau minérale sa thermalité, il est nécessaire que le sondage atteigne la nappe d'épanchement le plus près possible de la fracture qui lui donne naissance. Si, au

contraire, la sonde n'atteint la nappe qu'à une très grande distance de la fracture, l'eau minérale n'aura que la température correspondant à sa profondeur, calculée d'après le degré géothermique. Cela nous explique en même temps pourquoi on trouve dans un même bassin des eaux de composition identique, mais de température très différente.

Pour faciliter le captage, il convient de commencer à forer avec le plus grand diamètre possible; on pourra ainsi disposer, au fur et à mesure de la descente, un nombre suffisant de colonnes métalliques concentriques pour isoler l'eau thermale des eaux froides. Il est préférable que toutes ces colonnes remontent jusqu'au sol, pour couler du ciment entre elles et assurer l'étanchéité du tubage. Au milieu de cette série de tubes emboités les uns dans les autres, on place une colonne centrale, dont le métal doit varier avec la nature de l'eau, et qui sert de colonne d'ascension à l'eau thermale.

La partie inférieure de cette colonne sera lanternée d'un grand nombre de trous pour le passage de l'eau, dans le cas où le fond viendrait à se boucher. Sa réunion avec les tubes de retenue sera assurée au-dessus du lanternage par une perruque de chanvre, fixée sur le tube ascensionnel, et dont on rebrousse les filaments en le soulevant légèrement. Sur cette perruque, on jette d'abord de la limaille de fer pour assurer le joint, puis une coulée de ciment. L'eau thermale ne trouve plus alors d'autre issue que le tuyau central.

S'il s'agit de sources gazeuses, l'eau jaillit même si le niveau de la nappe liquide n'est pas plus élevé que le sol.

Par une disposition particulière, on peut provoquer le jaillissement. A la partie supérieure de la colonne ascensionnelle, on fixe un tube, dit *tube siphoïde,* très étroit, en ayant soin

d'obturer l'espace circulaire tout autour. L'eau et les gaz contenus dans la colonne centrale, contraints de passer dans l'étroit diamètre intérieur du tube siphoïde, se mélangent intimement et produisent une émulsion de densité inférieure à celle de l'eau, ce qui élève le niveau d'équilibre et produit l'écoulement. De ce fait, l'eau contenue dans le tube se trouve déprimée, ce qui augmente l'émulsion et provoque l'échappement du gaz.

Tout le gaz libre de l'eau minérale se dégagera ainsi et l'écoulement cessera lorsque tout ce gaz aura été expulsé. Le niveau dans le tube siphoïde est alors bien inférieur au niveau d'équilibre de la nappe. Mais, poussée par les gaz, l'eau remonte petit à petit, se sursature d'anhydride carbonique et le même phénomène recommence. En aspirant sur l'orifice de la colonne siphoïde, on abrège la durée de l'intermittence en provoquant le jaillissement.

Une telle source peut donc devenir périodiquement intermittente. Nous en donnerons un exemple.

Il n'y a pas d'avantage à conserver l'intermittence d'une source, à cause des besoins du service de la station. La source intermittente de Bellerive, près Vichy, n'est conservée telle qu'à titre de curiosité.

Il vaut mieux rendre l'écoulement régulier et continu. Pour cela, il faut réduire convenablement la section de l'orifice d'écoulement, sans produire une compression trop forte sur la source. On adapte ensuite à l'extrémité supérieure du tube siphoïde un obturateur en bronze, appelé *régulateur* et percé d'un orifice encore plus petit. Sa section est déterminée empiriquement pour chaque source.

On peut, à l'aide de forages, ouvrir une issue aux nappes

souterraines et les faire jaillir au niveau du sol. C'est le principe des *puits artésiens,* que les Egyptiens employaient il y a plusieurs siècles déja au captage des eaux douces. Mais leurs moyens d'exécution étaient bien rudimentaires et ce n'est que dans le courant du siècle dernier que ce principe reçut son application scientifique et entra réellement dans la pratique.

Parfois le sondage sera peu profond, comme à Vittel et à Contrexéville, où il n'a que 50 à 70 mètres de profondeur. Ces sondages, à travers le terrain argileux, atteignent le muschelkalk.

En roche dure et fissurée, il faut aller chercher l'eau minérale dans les diaclases, au moyen de trous de sonde. A Vals (Ardèche), les sources proviennent du gneiss, recouvert d'alluvions. C'est dans une fissure inclinée de cette roche, que l'on a enfoncé, à 30 mètres environ, un tube métallique à l'intérieur duquel on en a placé un autre de diamètre plus petit et atteignant la nappe d'eau gazeuse. Une coulée de ciment réunit ces deux tubes.

A Chatel-Guyon, les eaux proviennent de fractures multiples d'un massif granitique. Elles émergent dans le fond d'un ravin d'où, après captage, on les transporte à une certaine distance. Ces eaux, très gazeuses, ont exigé pour leur conservation des soins spéciaux. Tout d'abord on s'était contenté de faire des sondages à la barre à mine; mais ces trous de sonde furent insuffisants pour capter les gaz et d'autant plus qu'il fallait les transporter.

On coiffa alors le griffon d'une cloche en plomb, que l'on fixa solidement avec du ciment. Les gaz s'échappaient par la partie supérieure, à travers une canalisation qui les portait

au lieu de leur emploi, toujours plus élevé que le griffon. Mais ce système constituait une surcharge constante sur la colonne d'eau, en diminuait le débit et risquait par la suite de faire perdre la source.

En 1882, Caméré modifia ce dispositif en évitant le mélange sous pression de l'eau et des gaz. Il coiffa chaque sondage d'une conduite en plomb demi-cylindrique, horizontale et fortement scellée au roc et par où l'eau minérale pouvait librement s'écouler ; il brancha sur cette conduite une tubulure verticale donnant issue latéralement aux gaz. L'eau et les gaz arrivèrent ainsi par des tuyaux différents au réservoir, où, au moyen d'un régénérateur spécial, le mélange intime de ces deux éléments s'opérait ; de sorte que l'on put obtenir, au point d'arrivée, la reconstitution de l'eau gazeuse dans son état primitif. Le tout fut recouvert de ciment, laissant seules apparentes les plaques des tubulures pour permettre de les débarrasser de leurs incrustations calcaires.

Par ce procédé, l'eau n'a subi aucune altération ; mais il est indispensable qu'elle soit amenée de son émergence au lieu d'emploi par des conduites ascendantes, pour ne pas contrarier la marche des gaz, qui ont toujours une tendance à remonter.

Dans des canalisations descendantes, les eaux et les gaz marcheraient en sens inverse, ce qui produirait une perte notable de gaz et nuirait à l'écoulement des eaux et à leur composition.

A La Bourboule, les sources émergeaient spontanément, étaient captées dans des puits et de là menées aux Etablissements. Plus tard, l'étude du terrain montra que l'eau thermale venait de la profondeur par une faille du granit et était retenue en partie par une couche de tuf plastique imper-

méable. Le reste des eaux était disséminé en un trop grand nombre de filets thermaux. On a alors pratiqué une série de forages dépassant tous cette couche imperméable. Les puits Choussy et Perrière, qui recueillent l'eau thermale sans mélange, ont respectivement 75 et 84 mètres; le puits le plus profond, celui de la source Fenestre, atteint 161 mètres. Ces forages ont fourni un débit très considérable, par le fait que les suintements naturels ont été taris.

La sonde a été employée, dès 1840, à Vichy et aux environs. La *Source du Parc,* la *Source Madame,* furent recueillies par sondages. A Cusset de même: la *Source Elisabeth,* la *Source Sainte-Marie.* A Saint-Yorre: la *Source Guerrier,* la *Source Saint-Louis,* les *Sources Saint-Charles,* etc...

Le sondage de la Source Saint-Charles N° 2, entrepris en 1889, constitue jusqu'à une profondeur de 7 m. 81 un avant-puits. Le forage atteint, à 45 m. 50, une couche de gros sable à travers des couches successives de marne, d'argile et de calcaire. Le jaillissement, entraînant eau et sable, a dépassé 12 mètres de hauteur. La canalisation du forage a été pratiquée à l'aide d'une colonne de tuyaux de 0 m. 165 de diamètre intérieur, dans laquelle on a enfoncé ensuite une deuxième colonne de 0 m. 090, atteignant en profondeur la nappe de gros sables aquifères. Une coulée de béton, entre les deux colonnes, a consolidé le système, en forçant l'eau à jaillir uniquement par la colonne centrale, sur laquelle on a ajusté un tube siphoïde et un régulateur. Enfin, une couche de béton de 2 mètres d'épaisseur sur 2 m² de surface, empêche les infiltrations des eaux de l'Allier pendant les crues.

La source intermittente de Bellerive, près Vichy, sur la rive gauche de l'Allier, a été forée en 1844 à travers quelques mètres de graviers et une épaisse couche de marnes calcaires.

A 110 mètres de profondeur, l'eau donne un jaillissement intermittent. Elle fut tubée à 0 m. 11 de diamètre. Les jaillissements durent de six à dix minutes et sont annoncés par un grondement souterrain, bientôt suivi d'une violente irruption d'eau et de gaz, surtout de l'anhydride carbonique. Le dégagement des gaz produit un sifflement aigu, qui annonce la fin du jaillissement; puis tout rentre au repos. La source ne donne plus ni eau ni gaz pendant plusieurs heures, puis le phénomène recommence de nouveau avec les mêmes circonstances et la même durée.

Actuellement, la source jaillit trois fois par jour et déverse 20 m^3 d'eau. La gerbe d'eau et d'écume, poussée par les gaz, s'élève à 5 mètres de hauteur. L'anhydride carbonique a une force d'expansion plus grande que celle de l'air, et cette force augmente avec la chaleur. C'est ce gaz surtout qui produit le phénomène. Un forage sur la nappe renfermant les eaux et les gaz sous pression à l'intérieur du sol provoquera, par ce point de moindre résistance, leur issue d'autant plus brusque et impétueuse qu'il y aura plus de gaz.

La source de Nancy-Thermal, qui jaillit le 10 mai 1909, a été une application savante et perfectionnée du principe des forages, dans un terrain où l'on avait simplement soupçonné la présence d'eau minérale à une très grande profondeur. C'est sur l'instigation de M. Planchin, et après une étude approfondie du sous-sol de la région, que M. Lanternier, architecte, fit entreprendre les travaux de sondage le 21 juillet 1908, qui furent confiés à MM. Planchin frères.

Le travail a consisté à défoncer le terrain par le choc, répété plus de cent fois à la minute, d'un outil lourd et tranchant appelé « trépan », qu'un treuil de fonçage à vapeur

soulevait et laissait retomber alternativement au fond du trou.

Pendant cette période de battage, le trépan pivotait sur son axe d'un certain angle à chaque coup, afin de mordre dans le roc et le désagréger. A l'intérieur des tiges vissées les unes aux autres, et de plus en plus nombreuses au fur et à mesure de la descente, et formant l'axe du trépan, on faisait passer sous forte pression un courant d'eau, qui balayait les débris et les remontait à la surface. Le trou de sonde a été revêtu d'un tubage fait avec soin pour prévenir les éboulements, isoler l'eau thermale et empêcher l'absorption d'une partie de cette eau par les couches perméables. Un série de tubes, emboités les uns dans les autres et mis en place dès que le trépan permettait leur descente, atteignit la profondeur de 549 mètres, successivement à travers le *jurassique*, le *lias*, le *keuper*, le *muschelkalk*.

Le trépan, continuant son œuvre, a enfin atteint le grès et donné un suintement d'eau thermale qui devient de plus en plus considérable jusqu'à 800 m. 32, où l'on s'arrêta, avec un débit de 27.000 litres par jour et une température de 35°5. Cette cheminée, formée de tubes concentriques, a été rendue étanche par un ciment de béton coulé entre chacun d'eux et par l'adossement du dernier sur le muschelkalk. Puis, à l'intérieur de cette colonne de retenue, on a enfoncé un autre tube, servant de colonne d'ascension, descendant à 653 m. 85.

Les deux systèmes furent rendus solidaires, de manière à ne constituer, somme toute, qu'une seule colonne. C'est donc sur le grès que s'arrêta le tubage, c'est-à-dire sur une nappe imperméable située immédiatement au-dessus de la nappe aquifère, et offrant ainsi toute sécurité au point de vue de la pureté de l'eau. En effet, les différentes analyses faites peu après, n'ont décelé la présence d'aucun germe pathogène.

Ainsi donc, par la triple enveloppe qui protège l'eau minérale et assure l'intégrité de ses éléments, par les soins apportés à l'exécution des travaux et par la profondeur considérable où l'on est parvenu à cueillir l'eau, le captage de la source du Parc Sainte-Marie peut-être considéré comme un modèle du genre.

CHAPITRE V

AMÉNAGEMENT

Une fois captée, toute source thermo-minérale doit être encore aménagée en vue de son utilisation thérapeutique. On installera une vasque, le plus près possible du lieu d'émergence, dans laquelle l'eau minérale montera directement et où elle sera recueillie pour la boisson. Si l'eau minérale n'est pas utilisée sur place, mais doit être canalisée à une certaine distance, il faut la placer à l'abri des altérations, à l'aide de conduites inattaquables par les eaux et imperméables, pour la soustraire au contact de l'air, de la lumière et de toutes les causes d'altération et lui conserver ses gaz et sa température. Ce n'est pas toujours chose facile, et les exemples sont nombreux où l'on a dû refaire plusieurs fois les canalisations, rongées petit à petit par les eaux. Parfois, les incrustations déposées dans les conduites les ont obstruées, d'où nécessité de pouvoir les curer de temps en temps.

Pour conserver intacte la composition chimique d'une eau minérale canalisée, il est indispensable qu'elle circule à tuyau plein, suivant le dispositif adopté à Vichy (Source Mesdames), où l'on a employé des tuyaux en fonte qui fonctionnent par le refoulement de l'eau en amont; il n'y a ainsi aucune perte

de CO^2. A Amélie-les-Bains, les tuyaux sont en bois ou en plomb et fonctionnent par le refoulement de l'eau à l'aval ou sur le trajet, ce qui empêche la déperdition du gaz sulfureux.

La minéralisation et la température de l'eau minérale imposent le choix de la nature des conduites à adopter. Les tuyaux en bois et en grès sont propices pour la conservation de la température.

Pour les gaz, nous avons indiqué, au chapitre précédent, le procédé employé à Châtel-Guyon, qui consiste à les canaliser dans des conduites superposées à celles de l'eau, et à recevoir les deux éléments dans le même réservoir. La source des Roches, à Royat (P.-d.-D.), à la sortie du puits de captage, va dans un réservoir recouvert d'un chapiteau métallique qui permet de recueillir le CO^2 qui se dégage et de l'utiliser pour les bains, dits *carbo-gazeux*.

Ainsi canalisée, l'eau minérale est amenée dans les ateliers d'embouteillage ou à l'Etablissement de bains. Là, suivant les besoins, elle sera recueillie dans des bassins, où elle s'accumulera pendant les temps morts du service. Ces récipients seront clos hermétiquement, pour éviter la pollution de l'eau qui, d'ailleurs, ne devra pas y séjourner plus de 24 heures.

Peu de sources offrent, comme celle de Nancy-Thermal, une température propice à l'usage externe (35°5) ; le plus souvent, l'eau minérale doit être refroidie ou réchauffée pour être utilisable.

Nous avons décrit les réservoirs réfrigérants de Bourbon-L'Archambault, qui ont été édifiés sur le modèle de ceux de Néris. L'eau, qui arrive à 52° dans les bassins, en redescend avec une tmepérature de 30°.

Jamais il ne faudra refroidir une eau thermale en la mé-

langeant à une eau douce, qui pourrait la polluer en altérant ses qualités.

Certaines eaux, les sulfureuses et les ferrugineuses surtout, qui s'altèreraient dans les bassins, seront refroidies par contact avec un serpentin d'eau froide; c'est ce procédé qui a été adopté à Bourbonne et à Amélie-les-Bains.

Pour les eaux qui nécessitent un réchauffement avant leur emploi, c'est le système du serpentinage qui est le meilleur, avec circulation d'air chaud ou d'eau chaude.

Parfois, pour être utilisée, l'eau doit être canalisée à un niveau inférieur à celui de son émergence naturelle, comme à Enghien (Source des Roses), ou, au contraire, élevée à une certaine hauteur, comme à Bourbon-L'Archambault. Dans le premier cas, on emploiera le principe des siphons; dans le second cas, une pompe élévatoire plongeant à l'intérieur du captage.

Enfin, en plus de l'emploi en boisson, bains ou douches, les eaux thermo-minérales sont utilisées, suivant les stations, en pulvérisation, inhalation, humage, irrigation, bains carbo-gazeux, étuves, etc...

Bien que n'étant pas d'ordre médical, il nous paraît intéressant, néanmoins, de terminer ce chapitre en signalant l'emploi ingénieux des eaux de Chaudes-Aigues, les plus chaudes de France (80°): par suite de leur thermalité, elles sont utilisées pour la cuisson des aliments, le nettoyage du linge et le chauffage des maisons. Dans toutes les rues de la ville, ont été installées des conduites en bois, qui canalisent cette eau thermale et la déversent au rez-de-chaussée de chaque maison, dans un réservoir servant de calorifère pendant la saison froide. En été, de petites écluses, placées sur les tuyaux d'amenée, offrent un barrage aux eaux chaudes et

les rejettent dans le ruisseau. La chaleur fournie chaque jour par ces sources équivaudrait à la combustion de quatre tonnes et demie de houille.

Dans ce même ordre d'idées, les eaux de Dax, de Préchacq, d'Amélie-les-Bains, de La Lechère (Aigueblanche), de Vichy même, etc., sont utilisées pour chauffer des serres et forcer des fleurs et des légumes, soit en tout temps, soit en dehors des saisons thermales.

CHAPITRE VI

LÉGISLATION

Ce chapitre trouve tout naturellement sa place à la suite de l'exposé que nous venons de faire des différents procédés de captage et d'aménagement des eaux minérales. En effet, l'importance toujours plus grande des travaux exécutés sur les sources thermales, ainsi que l'utilisation scientifique et en même temps plus intense de ces eaux, avaient depuis longtemps rendu nécessaire un certain nombre de mesures législatives, pour sauvegarder l'intégrité des sources et accroître, autant que possible, cette richesse nationale.

La législation des eaux minérales ne paraît pas remonter au delà du XVII[e] siècle. En mai 1603, Henri IV nomma, par lettres patentes, des surintendants, chargés exclusivement de la surveillance des sources minérales. Leur rôle consistait à s'assurer que les fontaines n'étaient pas souillées par des dépôts de matières usées à leur voisinage, et « qu'on n'en faisait pas un mauvais usage ».

Plus tard, de 1772 à 1793, une série de décrets, réglementent la vente des eaux minérales au public, et créent des inspecteurs pour veiller à la conservation des sources et à leur amélioration. Un décret du 29 juin 1793, permettait à toute personne de faire usage des eaux de Vichy, moyennant le paiement de certains droits au fermier. C'est l'équivalent

de ce que nous appelons actuellement la *taxe de séjour,* perçue dans toutes les stations thermales depuis 1919.

Pendant la Révolution, de l'an VI à l'an IX, plusieurs arrêtés accordent le secours gratuit des eaux minérales aux indigents et imposent aux médecins inspecteurs des sources l'obligation d'envoyer chaque année, au Ministre de l'Intérieur, un rapport sur les maladies traitées, les traitements institués et les résultats obtenus dans chaque station.

L'Ordonnance royale du 18 juin 1823 complète les dispositions prises antérieurement. Dorénavant, aucun établissement ne sera ouvert au public, aucune eau minérale ne sera livrée à la consommation sans l'autorisation du Ministre de l'Intérieur, qui ne donnera son avis qu'après avoir entendu l'Académie de Médecine constatant que les eaux possèdent, par leur composition chimique, des propriétés thérapeutiques spéciales. De plus, le médecin inspecteur s'assurera de la bonne qualité des eaux minérales exportées et en réglera le transport; pour cela, il délivrera un certificat d'origine, notera les quantités expédiées, la date d'expédition et la manière dont les bouteilles ont été scellées.

Tous ces règlements, avec le nombre et la diversité plus considérable des captages accomplis par la suite, ne protégèrent plus suffisamment les sources thermales.

Ces travaux, en effet, avaient fourni sur la nature des eaux et sur les terrains d'émergence, des notions plus exactes, rendant illusoire toute la législation établie jusqu'alors.

Une nouvelle réglementation, appropriée aux circonstances nouvelles s'imposait. Elle fut ébauchée par le décret des 8-10 mars 1848, qui déclara d'utilité publique un certain nombre de sources et leur accorda, pour leur sauvegarde, un périmètre de protection de 1.000 mètres de rayon.

Ce décret provisoire fut remplacé par la loi du 14-22 juillet 1856, encore en vigueur aujourd'hui. Cette loi, complétée elle-même par le décret impérial des 8-20 septembre 1856, a sanctionné le principe du périmètre de protection pour toute source déclarée d'intérêt public, interdisant à quiconque d'exécuter aucun sondage ou aucun travail souterrain à l'intérieur de ce périmètre. Ainsi, les sources thermales, protégées par la loi, ne peuvent subir aucune altératon du fait de manœuvres intempestives, entreprises dans le voisinage.

Néanmoins, dans plusieurs stations thermales, des travaux de sondages importants ayant porté atteinte au régime normal de certaines sources, provoquèrent de violents conflits, que tous les ressorts de la Justice parvinrent difficilement à apaiser.

Avant même son application, cette loi fut combattue énergiquement par ses adversaires, qui considéraient comme une atteinte au droit de propriété, de laisser fouiller son sol par un voisin sans aucune indemnité.

Sans vouloir critiquer cette législation, ce qui n'est pas de notre compétence, disons toutefois que, si le périmètre de protection est et a été très efficace en empêchant de multiplier inconsidérément les forages, qui auraient porté atteinte aux sources existances, il y aurait grand avantage à adapter cette législation aux besoins nouveaux créés par le temps et les circonstances. C'est pourquoi il est indispensable que l'établissement du périmètre soit fondé sur la structure géologique de chaque région déterminée, pour empêcher un second forage de recouper, un peu plus loin, la même faille thermale et, par suite, en attirant les eaux minérales sur ce point, nuire au régime de la première source.

Disons, en outre, que ce périmètre ne doit pas toujours

établir autour de la source une barrière infranchissable, et qu'il est des cas où il convient de le supprimer, notamment lorsqu'un nouveau forage dans cette zone interdite permettrait d'atteindre une faille beaucoup plus importante.

La source Boussange (près Vichy), dont le débit, la température et surtout la teneur en CO^2 sont considérables, doit son existence à un forage pratiqué en dehors des limites de l'ancien périmètre. Canalisée à l'Etablissement de première classe de Vichy, cette source rend pour les bains les plus grands services, dont on serait privé si la Loi avait empêché les travaux. L'énorme avantage retiré de ce sondage a fait (ce qui paraît bizarre) étendre de nouveau les limites du périmètre, qui protège sans doute les sources existantes, mais qui empêche de nouveaux sondages. Or, l'étude de la structure géologique a révélé l'existence très probable d'une faille entre Bellerive et la route de Randan, qui pourrait fournir la source la plus importante de la région.

Il nous paraît inadmissible qu'une règle trop rigide empêche de récupérer une quantité considérable d'eau thermale, qui va se perdre inutilement, et nous estimons que, dans ce cas, l'intérêt général doit prévaloir sur l'intérêt particulier. Quoi qu'il en soit, nous terminerons ces quelques considérations avec l'espoir que la loi de 1919, sur la taxe de séjour et sur les conditions d'hygiène et de salubrité auxquelles toute ville d'eaux doit satisfaire, pour mériter le titre de station hydrominérale, n'est qu'un premier pas vers une nouvelle législation, plus conforme aux circonstances actuelles.

CONCLUSION

A ceux qui prétendaient qu'il ne fallait pas toucher aux sources thermo-minérales et qu'il valait mieux les laisser à leurs causes de dégradation, au risque même de les voir disparaître un jour, on aurait pu répondre, avec de Launay, qu'*il n'est pas plus dangereux de « soigner » une source thermale, par un captage rationnel, que de tremper dans un bain un typhique.* Fort heureusement, les résultats sont là pour attester l'importance et l'opportunité des travaux entrepris ; et, de nos jours, l'impulsion donnée de toute parts à l'hydrologie médicale, par l'institution de cours de perfectionnement, par la création de chaires magistrales, par la formation des sociétés d'hydrologie, permet d'augurer, pour nos sources benfaisantes, un avenir de plus en plus brillant.

C'est parce qu'on connaît mal les divers travaux accomplis pour capter ces forces naturelles, en vue de leur meilleure application thérapeutique, qu'il règne sur les eaux minérales tant d'idées fausses, qui ont parfois empêché la réalisation de certains travaux indispensables, et qu'il en est résulté, dans la suite, une diminution considérable du débit de la source, voire même sa disparition complète. Ce sont encore des appréhensions irraisonnées qui ont fait détruire, dans bien des stations thermales, les travaux réellement gigantesques construits par les Romains, eux qui s'étaient fait une conception si juste de la thérapeutique hydrologique.

C'est pourquoi nous croirons véritablement avoir fait œuvre utile, si ce modeste travail est parvenu à dissiper certains préjugés, en faisant mieux connaître les moyens dont on dispose pour capter les eaux minérales et les mettre au service de la *natura medicatrix,* pour le plus grand bien des malades.

Serment d'Hippocrate

En présence des Maîtres de cette Ecole, de mes chers condisciples, et devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure, au nom de l'Etre suprême, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent, et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe ; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime, si je suis fidèle à mes promesses ! Que je sois couvert d'opprobe et méprisé de mes confrères, si j'y manque !

Vu :

Nancy, le 21 Mars 1924.

Le Président de la Thèse,

G. ETIENNE.

Vu :

Nancy, le 21 Mars 1924.

Le Doyen,

L. SPILLMANN.

Vu et permis d'imprimer,

Nancy, le 24 Mars 1924.

Le Recteur de l'Académie,

Ch. ADAM,

Membre de l'Institut.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

ALIBERT. — Précis historique sur les eaux minérales les plus usitées en médecine. Paris, 1826.

ANNALES DES MINES, année 1842, 4e série, tome 1.
— — 1859, 5e série, tome 15.
— — 1860, — tome 18.
— — 1862, 6e série, tome 2.
— — 1863, — tomes 3 et 4.
— — 1864, — tome 5.
— — 1875, 7e série, tome 8.
— — 1878, — tome 13.
— — 1879, — tome 16.
— — 1880, — tome 17.

BARACHON. — L'eau thermo-minérale du Parc Sainte-Marie. Thèse, Nancy, 1911.

— Hydrologica : L'eau du Parc Sainte-Marie (Nancy). 25 janv. 1914.

BARACHON et Ch. THIRY. — Origine géologique de Nancy-Thermal et des principales sources de Lorraine. (Gazette des eaux. Paris, 1914.)

BEAULIEU. — Antiquités des eaux minérales de Vichy, Plombières, Bains, 1851.

BLUM (Paul). — Précis pratique d'Hydrologie thérapeutique. Librairie Istra. Strasbourg, 1923.

BOULOUMIÉ (Pierre). — Vittel, Contrexéville, Martigny, Nancy. (Revue Médicale de l'Est, 1er juillet 1919.)

CALMET (Dom). — Traité historique des eaux et des bains de Plombières. 1748.

*CHAPELAIN. — Luxeuil et ses bains. 1851.

*Livres que nous n'avons pu consulter.

Charmont. — Les eaux radio-actives ionisées de Plombières-les-Bains. Epinal, 1923.

Charmont. — Rapports sur les sources thermales, les captages romains et la station de Bourbon-Lancy. Lyon, 1908.

Chassevant. — Hydrologie élémentaire à l'usage des médecins. Paris, 1912.

Congrès d'Hydrologie et de Géologie Hydro-Minérale. Monaco, 15-20 avril 1920. Tome I. Rapports.

Daubrée. — Traité des eaux souterraines. 1887, tomes I et II.

— Géologie expérimentale. 1879.

Dechambre. — Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales. Tomes 8-31-100.

Delacroix (E.). — Luxeuil, antiquités et thermes. 1871.

Delacroix. — Notice sur Plombières et ses bains. 1860.

Durand-Fardel, Le Bret, François. — Dictionnaire des Eaux minérales. 1860. 2 vol.

Gautier (Armand). — Origine des eaux thermales et de leur minéralisation. (Revue Scientifique, 2 et 9 nov. 1907.)

Gorjus. — Recherche sur les eaux thermales et minérales de l'Hellade, de l'Italie et des Gaules aux temps anciens. Thèse. Bordeaux, 1913.

Graux. — Application de la cryoscopie à l'étude des eaux minérales.

*Guersant. — Notice sur les eaux de Plombières. (Archives générales de médecine, février 1838.)

Haumonté et Jean Parisot. — Plombières ancien et moderne. 1905.

Imbeaux. — Les eaux potables et leur rôle hygiénique en Meurthe-et-Moselle. Thèse de Nancy, 1897.

*Jacquot. — Traité des eaux minérales de France. 1894.

Jutier et Lefort. — Etude sur les eaux minérales de Plombières et de l'Est de la France. Paris, 1862.

Lapparent (de). — Traité de géologie, 1893, 3e édition.

Launay (de). — Recherche, captage des sources thermo-minérales. Paris, 1899.

La Nature. — Année 1887, 7 mai: Sondages et forages, par

Y. Guédon ; Source intermittente de Bellerive, près Vichy, par M. A. C., ingénieur.

Molinéry (de Luchon). — Esquisses d'hydrologie historique. J. L. Alibert, hydrologue. Paris Médical, 26 janvier 1924.

Perrin (de Nancy) et Mathieu (de Brides). — Les Eaux minérales (sous presse). Bibliothèque des connaissances médicales (Collection Apert). Flammarion, éditeur. Paris, 1924.

Reclus. — La Terre, tome I.

Zuccarelli. — Etude des eaux minérales naturelles d'Orezza (Corse). 1905.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION 7

CHAPITRE PREMIER

DÉFINITION ET PRINCIPE DES CAPTAGES 11

CHAPITRE II

HISTORIQUE 15

1° Notions générales 15

2° Interview du Docteur Charmont 19

CHAPITRE III

GÉOLOGIE 33

CHAPITRE IV

ETUDE DES PROCÉDÉS DE CAPTAGE 39

1° Le griffon est superficiel 40

2° On peut atteindre le griffon 44

3° On ne peut atteindre le griffon 49

4° Sondages et forages 54

CHAPITRE V

AMÉNAGEMENT 63

CHAPITRE VI

LÉGISLATION 67

CONCLUSION 71

SERMENT D'HIPPOCRATE 73

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE 75

NANCY - SOCIÉTÉ D'IMPRESSIONS TYPOGRAPHIQUES